DIE NATURWISSENSCHAFTEN

1. Jahrgang. 4. April 1913. Heft 14.

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Fünfundzwanzig Jahre ihrer Tätigkeit.

4. Optik.

Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Brodhun,
Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Die Arbeiten der Reichsanstalt auf optischem Gebiete begannen mit photometrischen Untersuchungen. Verhältnismäßig wenig hatte sich bis dahin der Physiker mit den photometrischen Aufgaben beschäftigt, vielleicht weil sie auf dem Grenzgebiet zwischen Physik und Physiologie liegen, und so waren photometrische Apparate und Methoden nur mangelhaft durchgearbeitet. Da keins der vorhandenen Photometer den Anforderungen genügte, die man von theoretischen Überlegungen aus an ein solches Instrument stellen mußte, so war man zunächst bemüht, diesem Mangel abzuhelfen. Das Ergebnis war ein Photometer mit Prismenwürfel, welches den bis dahin vorhandenen Photometern an Empfindlichkeit überlegen war. Bei der einen Ausführungsform, dem Gleichheitsphotometer, wird auf Verschwinden der Grenze zwischen den beiden Photometerfeldern eingestellt. Außerdem wurde eine zweite Form, das Kontrastphotometer, ausgearbeitet, bei dem auf das gleich starke Hervortreten zweier beleuchteter Felder aus ihrer Umgebung eingestellt wird.

Sodann erfuhr die Photometerbank, um sie für genaue Messungen geeignet zu machen, eine gründliche Durcharbeitung. Insbesondere wurde auf die Beseitigung falschen Lichtes Gewicht gelegt. Durch geeignete Anordnung von Blenden, die mit schwarzem Sammet überzogen sind, senkrecht zur Strahlenrichtung wurde dieser Mangel so vollkommen behoben, daß nun in mäßig erhellten Räumen ohne Fehler photometriert werden konnte und auch von einer Schwärzung der Zimmerwände im allgemeinen abgesehen werden durfte.

Als eine ausgezeichnet konstante Vergleichslichtquelle erwies sich die elektrische Glühlampe, wenn sie weniger als normal beansprucht und mittels des elektrischen Kompensationsverfahrens auf genau konstanter Stromstärke erhalten wird.

Unter den Vorrichtungen zur meßbaren Lichtschwächung wurde dem sog. Rotierenden Sektor besondere Aufmerksamkeit geschenkt, weil er erhebliche Vorzüge in sich vereinigt: die der hindurchgelassenen Lichtmenge proportionale Teilung, welche eine einfache Rechnung oder den Fortfall jeder Rechnung zuläßt, die Unabhängigkeit von der Farbe, die Möglichkeit, ihn an beliebiger Stelle ohne Veränderung des optischen Strahlenganges einzuschalten. Zunächst wurde die Gültigkeit des physiologischen Gesetzes (Talbotsches Gesetz), auf dem seine Anwendung beruht, für die größte erreichbare photometrische Genauigkeit erwiesen. Sodann wurden verschiedene Ausführungsformen ausgearbeitet, durch die während der Rotation die Einstellung und Ablesung ermöglicht wird.

Mit diesen Ausrüstungen schritt man nun zu der eigentlichen Aufgabe, der Untersuchung der verschiedenen Lichtmaße. In Deutschland benutzte man damals als Lichteinheiten im Gasfach zwei verschiedene Kerzenarten, in der Elektrotechnik die *v. Hefner-Alteneck* angegebene Amylacetatlampe, jetzt Hefnerlampe genannt. Als internationale Lichteinheit war die Viollesche Einheit angenommen worden, die auf der Lichtstrahlung des erstarrenden Platins beruht, die aber wegen der Schwierigkeit ihrer Herstellung keine praktische Verwendung fand. Eine Vereinfachung dieser stellte die Siemenssche Platineinheit dar, die die Lichtstrahlung eines schmelzenden Platinbandes benutzte und ein Zehntel der Viollesche Einheit ergeben sollte. Unter den im Ausland benutzten Einheitslampen ist die alte Carcellampe, die in Frankreich noch jetzt im Gebrauch ist, und die in England damals neu eingeführte Pentandampflampe in verschiedenen Ausführungsformen zu nennen. Mit allen diesen Lichtmaßen hat sich die Reichsanstalt im Laufe der Jahre mehr oder weniger beschäftigt.

Die ersten Bemühungen waren darauf gerichtet, in Deutschland ein allgemein anerkanntes Lichtmaß einzuführen, welches den Bedürfnissen der Technik genügen könnte. Es zeigte sich, daß die Hefnerlampe nach unwesentlichen Abänderungen, an denen *v. Hefner-Alteneck* selbst mitwirkte, diese Ansprüche am besten erfüllte. In umfangreichen Untersuchungen wurde die Abhängigkeit der Lichtstärke von der Flammenhöhe, den Dimensionen der einzelnen Teile der Lampe, den Verunreinigungen des Brennstoffes und — was sehr großen Zeitaufwand erforderte — von der Beschaffenheit der umgebenden Luft (Feuchtigkeit, Kohlensäuregehalt, Luftdruck) untersucht. Die Reichsanstalt übernahm auf Antrag des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, mit dem sie während dieser ganzen Untersuchungen in Verbindung blieb, die Beglaubigung der Hefnerlampe. Dadurch, daß der genannte Verein und der Verband Deutscher Elektrotechniker die Hefnerlampe als alleiniges Lichtmaß annahmen, daß ferner die Reichsanstalt bei amtlichen photometrischen Prüfungen Lichtstärken nur in Hefnerkerzen, d. h. in Lichtstärken der Hefnerlampe in horizontaler Richtung, angab, war diese Lampe in Deutschland als allgemeines Lichtmaß eingeführt. Sie wurde sogar in Genf im Jahre 1896 als internationales praktisches Lichtmaß angenommen; jedoch hatte dieser Beschluß keine weiteren Folgen.

Eine weitere Aufgabe bestand nun darin, das Lichtstärkenverhältnis der Hefnerkerze zu den übrigen Lichteinheiten festzulegen, und zwar zunächst zu den in Deutschland gebräuchlichen Ker-

zen, damit diese aus den Kontrakten verschwinden könnten. Auch das Wertverhältnis der Hefnerkerze zu den gebräuchlichsten ausländischen Lichtmaßen, der Carcellampe und der Zehn-Kerzen-Pentanlampe, stellte die Reichsanstalt fest. Diese Versuche wurden in Verbindung mit dem National Physical Laboratory in England und dem Laboratoire Central in Frankreich ausgeführt. Mehrfache Bemühungen, die Hefnerkerze an die Viollesche Einheit anzuschließen, wobei das Platin teilweise im Gebläse, teilweise elektrisch geschmolzen wurde, führten zu keinem befriedigenden Ergebnis, ebensowenig lange Versuchsreihen mit der Siemensschen Platineinheit.

Bei aller Anerkennung der Vorzüge der Hefnerlampe für praktische Zwecke verkennt die Reichsanstalt deren Mängel nicht und war darum dauernd bemüht, ein Lichtmaß herzustellen, das auch weitergehenden Anforderungen, besonders wissenschaftlichen genügen könnte. So wurde erfolgreich versucht, eine konstante Lichtstrahlung von glühendem Platin mit Hilfe des Bolometers zu erzielen, und zurzeit im Gange befindliche Versuche berechtigen zu der Hoffnung, daß man in kurzem durch eine Ausführungsform des „schwarzen Körpers" zu einer alle Ansprüche in bezug auf Genauigkeit und Zuverlässigkeit befriedigenden Lichteinheit gelangen wird.

Durch die Arbeiten der Reichsanstalt über die Hefnerlampe war Deutschland das erste Land, welches eine allgemein anerkannte, genau untersuchte Lichteinheit besaß und dessen photometrische Messungen damit auf eine sichere Grundlage gestellt waren. Erleichtert wurde die Einführung der Hefnerlampe dadurch, daß sich namentlich in der Elektrotechnik mehr und mehr die Gewohnheit einführte, an Stelle der Hefnerlampe selbst elektrische Glühlampen, die von der Reichsanstalt in Hefnerkerzen ausgewertet sind, als Normallampen bei photometrischen Messungen zu benutzen. Die Prüfung solcher elektrischen Normallampen ist ein noch umfangreicheres Arbeitsgebiet des photometrischen Laboratoriums als die Beglaubigung von Hefnerlampen.

Der gewaltige Aufschwung, den das Beleuchtungswesen gerade in den letzten 25 Jahren genommen hat, brachte es mit sich, daß auch in bezug auf Beleuchtungsmittel die Prüftätigkeit der Reichsanstalt sich dauernd ausdehnte. Um hier den Ansprüchen der Technik genügen zu können, mußten die Einrichtungen wiederholt erweitert, Methoden ausgebaut und Meßapparate konstruiert werden. In letzterer Beziehung sei ein Universalphotometer mit einer der zu messenden Lichtstärke proportionalen Teilung und ein Apparat zur Bestimmung der räumlichen Lichtverteilung bei feststehender Lampe erwähnt.

Eine andere Gruppe von Untersuchungen, bei denen die Reichsanstalt wie bei den photometrischen dauernd mit der Praxis in Fühlung gewesen ist, sind die saccharimetrischen. Für die Bewertung des Zuckers verwendet man seine Drehung der Polarisationsebene und benutzt dabei in Deutschland wie in vielen anderen Ländern Saccharimeter mit Ventzkescher Teilung. Der Hundertpunkt dieser Teilung ist definiert durch die Drehung einer Normalzuckerlösung (26 g in 100 ccm Wasser von 20°) in einem 20-cm-Rohr. Zur Kontrolle der Angaben dieser Apparate dienen wegen der Schwierigkeit, die Normallösungen herzustellen, senkrecht zur Achse geschliffene Quarzplatten.

Um die Grundlagen für Prüfungen auf diesem Gebiete zu gewinnen, mußte sich die Reichsanstalt zunächst mit einer genauen Untersuchung der Drehung des reinen Zuckers bei der Konzentration der Normallösung beschäftigen und zwar, da die Messungen in der Praxis gewöhnlich nicht bei der Normaltemperatur ausgeführt werden können, für einen größeren Temperaturbereich um 20° herum. Die Genauigkeit, die hierbei angestrebt werden mußte, war sehr hoch, denn bei den großen Summen, die häufig beim Zuckerhandel in Frage kommen, muß die Empfindlichkeit der Methoden aufs äußerste ausgenutzt werden. Z. B. würde ein Fehler von nur 0,1% den Verkaufswert der jährlichen Zuckerproduktion Deutschlands ungefähr um eine halbe Million Mark verändern.

Das erste Ergebnis war, daß die spezifische Drehung des Zuckers nicht, wie bis dahin in der Technik angenommen wurde, von der Temperatur unabhängig ist, sondern einen für praktische Zwecke nicht zu vernachlässigenden Temperaturkoeffizienten besitzt. Ferner. wurde der absolute Wert der spezifischen Drehung des Zuckers bestimmt; jedoch ist diese Zahl bisher nicht mit der wünschenswerten Genauigkeit von 0,01% ermittelt worden, weil es noch nicht gelungen ist, Zucker von der dafür nötigen Reinheit zu erhalten oder herzustellen.

Neben dem Zucker spielt der Quarz in der Saccharimetrie eine große Rolle, nicht allein wegen der schon erwähnten Kontrollquarzplatten, sondern auch wegen der Quarzkeilkompensation, die sich in jedem Saccharimeter befindet. Deshalb war der Quarz und seine Drehung ein weiterer wichtiger Untersuchungsgegenstand. Es wurde die Drehung des Quarzes und ihre Abhängigkeit von der Temperatur sorgfältig bestimmt. Ferner wurden Methoden und Apparate ausgearbeitet oder vervollkommnet, um die optische Reinheit des Quarzes und die Lage seiner optischen Achse, sowie bei Kontrollplatten die Planheit und Parallelität der Grenzflächen mit ausreichender Genauigkeit zu prüfen.

Die vorstehenden Untersuchungen wurden mit monochromatischem Licht ausgeführt. Da aber die Technik nicht mit solchem, sondern mit gemischtem Licht arbeitet, wurden ferner Versuche über die Abweichungen angestellt, die durch die Verwendung gemischten Lichtes wegen der verschiedenen Rotationsdispersion des Quarzes und des Zuckers entstehen.

Der Nutzen, den die Technik von diesen Arbeiten hat, beruht weniger auf der Prüfung von Saccharimetern, da die Zuckerchemiker deren Teilung mit Hilfe von Quarzplatten dauernd selbst prüfen, sondern in der Prüfung solcher Quarzplatten. Die älteren Platten, die vor den Arbeiten der Reichsanstalt

in Gebrauch waren, hatten vielfach große Mängel. Sie ließen häufig in bezug auf Planparallelismus und die richtige Lage der optischen Achse viel zu wünschen übrig. Ferner waren sie oft optisch unrein; denn der Quarz, der ein so einwandfreies Material zu sein scheint, zeigt bei gründlicher Untersuchung sehr oft erhebliche Fehler. Es ist durchaus nicht leicht, kleine optisch vollkommen homogene Platten zu erhalten; größere tadellose Stücke zu bekommen ist fast unmöglich. Außerdem waren die Quarzplatten gewöhnlich in ihren Fassungen festgekittet, wodurch Fehler verursachende Spannungen entstanden. Die der Reichsanstalt eingesandten Quarzplatten müssen von allen diesen Mängeln frei sein, wenn über sie ein Prüfungsschein ausgestellt werden soll. Sie lassen sich dann mit Hilfe des in dem letzteren mitgeteilten Drehungswertes mit großer Zuverlässigkeit zur Kontrolle der Saccharimeter verwenden. So bildet denn auch die Prüfung von Quarzplatten auf ihre Güte und ihren Drehungswert einen dauernden Arbeitsgegenstand des optischen Laboratoriums.

Auch für die Tätigkeit der „Internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchung" waren die Arbeiten der Reichsanstalt von Wichtigkeit, so z. B. bei dem Übergang zu der vorher angegebenen Definition der Normal-Zuckerlösung von der ursprünglichen, die auf einer anderen Normaltemperatur und den sog. Mohrschen Kubikzentimetern beruhte. Ferner wurde eine größere Anzahl von Quarzplattensätzen für die Mitglieder der Internationalen Kommission in der Reichsanstalt untersucht.

Noch auf einem anderen Gebiete wurde die Hilfe der Reichsanstalt von der Zuckertechnik beansprucht. In ihr hat sich seit einigen Jahren zur Bestimmung des Prozentgehaltes an festen Stoffen oder an Trockensubstanz bei den im Verlaufe der Zuckerherstellung zu untersuchenden unreinen Zuckerlösungen das Abbesche Refraktometer eingeführt, mit dem man schnell und mit geringer Substanzmenge den Brechungsexponenten bestimmt. Man nimmt dabei an, daß die festen, den Zucker verunreinigenden Stoffe der Lösungen den Brechungsexponenten annähernd ebenso verändern wie der Zucker. Um beim Gebrauch nicht Tabellen benutzen zu müssen, sollten diese Apparate mit einer für 20° gültigen Wasserprozentskala versehen werden, die streng für den Fall gilt, daß die Lösung nur reinen Zucker enthält. Die Reichsanstalt übernahm nun die Aufgabe, das Brechungsvermögen reiner Zuckerlösungen für Konzentrationen bis zu 66 % und für einen Temperaturbereich von 10° bis 36° mit einer Genauigkeit von 2 Einheiten der fünften Dezimale zu bestimmen. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung werden die Wasserprozentskalen bereits angebracht. Wird bei anderen Temperaturen als 20° gearbeitet, so müssen an den Angaben des Refraktometers Korrektionen angebracht werden, die durch die Versuche der Reichsanstalt festgelegt sind.

Es gelang ferner, das Refraktometer für die Zwecke der Zuckertechnik wesentlich zu vereinfachen und zu verbilligen, indem in der Reichsanstalt ein Zuckerrefraktometer konstruiert wurde, bei dem die beiden sich entgegengesetzt drehenden Kompensatorprismen, die zur Achromatisierung der Einstellungslinie dienen, durch ein festes ersetzt werden, so daß die Kompensationseinstellungen fortfallen. Diese Vereinfachung bringt noch weitere Vorteile in bezug auf die Widerstandsfähigkeit des verwendeten Glases und die Skalenlänge mit sich.

Auch über das Brechungsvermögen anderer Substanzen wurden Untersuchungen ausgeführt. So wurde bei Gelegenheit der an anderer Stelle erwähnten Versuche mit dem Abbe-Fizeauschen Dilatometer die Lichtbrechung von verschiedenen Gasen (Luft, Wasserstoff, Stickstoff, Helium) bei Zimmertemperatur und bei sehr tiefen Temperaturen bestimmt. Ferner wurden über das Lichtbrechungsvermögen der für Strahlungsmessungen so wichtigen Stoffe Quarz und Flußspat genaue Messungen ausgeführt.

Die erwähnte Prüfung der Saccharimeterquarzplatten auf Ebenheit und Parallelität der Flächen geschieht durch die Beobachtung der Fizeauschen Interferenzstreifen mit einer hierfür und für viele andere Prüfungen völlig ausreichenden Genauigkeit von etwa 0,2 μ. Bei der sehr großen Fertigkeit der Technik in der Herstellung planer Flächen aber und bei den hohen Anforderungen in bezug auf Planheit, die für andere Zwecke, z. B. für die später zu besprechende Interferenzspektroskopie, gestellt werden, genügt diese Genauigkeit bisweilen nicht. Es wurde deshalb eine wesentlich genauere Methode ausgearbeitet, bei der man die Dickenunterschiede einer möglichst parallelen Luftschicht, die von der zu untersuchenden Fläche und einer Vergleichsfläche begrenzt wird, mit Hilfe der von dieser Luftschicht gebildeten Haidingerschen Interferenzringe bestimmt. Es werden dann die Radienänderungen gemessen, die ein solcher Ring infolge veränderter Schichtdicke erfährt, wenn man das Fernrohr, in dem er entsteht, längs einer Geraden über die Luftschicht hinführt. Auf diese Weise können Abweichungen von der Ebenheit gemessen werden, die nur ein milliontel Millimeter betragen, also von der Größenordnung eines Gasmoleküls sind.

Mit diesem Apparat wird zurzeit die technisch wichtige Frage nach der zeitlichen Veränderung von planen Glasflächen studiert. Als Ergebnis, welches zugleich zeigt, wie genau solche Planflächen heute hergestellt werden können, sei folgendes erwähnt. Für die letztgenannten Versuche sind von der Firma *Carl Zeiß* in Jena drei Glasplatten und eine Quarzplatte geliefert worden. Die Abweichung von der Ebenheit der Fächen ist derart, daß diese angenähert Teile von Kugelflächen mit sehr großem Radius bilden. Die Radien nun betragen bei der am wenigsten ebenen Fläche etwa 10, bei der besten etwa 510 km.

Sowohl für die Technik wie für die Wissenschaft wichtige Ergebnisse lieferte eine Reihe von metalloptischen Untersuchungen. Zunächst wurde das Reflexionsvermögen bestimmt, indem die Menge des nahezu (bis auf etwa ¼°) senkrecht zur Fläche reflektierten Lichtes für Licht verschiedener Wellenlänge gemessen wurde, und zwar nicht allein für

das sichtbare Gebiet des Spektrums, sondern auch für ultraviolette (bis zu Wellenlängen von 0,25 μ) und für ultrarote Strahlen (bis zu Wellenlängen von 1,5 μ). Im sichtbaren Gebiet wurde spektralphotometrisch gearbeitet, im unsichtbaren mit einer Rubensschen Thermosäule. Außer den reinen Metallen wurden die technisch wichtigen Spiegellegierungen und für das sichtbare Gebiet auch mit Silber und Quecksilberamalgam belegte Glasspiegel untersucht. Interessant ist z. B., daß Silber, welches im Sichtbaren bekanntlich besser als alle anderen Metalle reflektiert (90 bis 95 %), in einem ultravioletten Bezirk (zwischen 0,25 und 0,3 μ) viel weniger als alle anderen Metalle zurückwirft, nämlich nur etwa 4 %, d. h. sogar weniger als eine Quarzfläche.

Eine weitere Untersuchung galt der Absorption des Lichtes in dünnen Metallschichten. Sie wurde durch das ganze Spektrum hindurch mit der Thermosäule ausgeführt. Die Metallschichten wurden meist durch Kathodenzerstäubung hergestellt und ihre Dicke durch Wägung bestimmt. Das Platin zeigte eine auffallend gleichmäßige Absorption durch das ganze Spektrum, während Silber entsprechend dem vorher über sein Reflexionsvermögen Gesagten im Ultravioletten einen schmalen Bezirk außerordentlich großer Durchlässigkeit besitzt.

Um einer wichtigen, bis dahin nicht experimentell untersuchten Beziehung der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie nachzugehen, wurden an Metallen und Metallegierungen noch für weit längere Wellen, als vorher angegeben, Versuche durchgeführt, die hier, obwohl sie nicht dem eigentlichen Gebiete der Optik angehören, kurz erwähnt werden sollen, weil sie mit den vorher geschilderten in engem Zusammenhang stehen.

Nach der Maxwellschen Theorie müssen sich für lange Wellen die in den Metallen absorbierten, also nichtreflektierten Strahlungsintensitäten umgekehrt wie die Wurzeln aus dem zugehörigen elektrischen Leitvermögen verhalten. Nachdem Reflexionsmessungen für Strahlen bis zu 14 μ diese Beziehung schon nahezu bestätigt hatten, wurde es vorgezogen, zu Emissionsbestimmungen überzugehen, weil sich die relativ geringe Menge des in die Metalle eindringenden Lichtes aus dem Emissionsvermögen (nach der Kirchhoffschen Beziehung zwischen Absorption und Emission) genauer bestimmen läßt als aus dem Reflexionsvermögen.

Diese Messungen wurden mit Hilfe der sog. Reststrahlen von Flußspat (bei 25,5 μ) an Metallen und Metallegierungen, namentlich an solchen, deren elektrisches Leitvermögen besonderes Interesse bietet, durchgeführt, und zwar für verschiedene Temperaturen. Denn da das elektrische Leitvermögen häufig eine starke Abhängigkeit von der Temperatur besitzt, so mußte die Emission (für lange Wellen) diese auch zeigen. Es ergab sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit der Maxwellschen Theorie. Außerdem wurden Emissionsmessungen in dem Wellenlängenbereich ausgeführt, in dem die Abhängigkeit von der Temperatur sich zu zeigen beginnt.

Da nach älteren Messungen anderer Beobachter das Reflexionsvermögen im sichtbaren Gebiet konstant ist, während es für hinreichend lange Wellen nach dem Vorigen im allgemeinen von der Temperatur abhängig sein muß, wurden noch nach einer anderen Methode Reflexionsmessungen bei verschiedenen Temperaturen (20°, 200°, 300°) ausgeführt. Es gelang durch Messung des nach sechsmaliger Reflexion an der Metallschicht zurückgeworfenen Lichtes, wodurch die sechste Potenz des Reflexionsvermögens erhalten wird, in dem Wellenlängenbereich 1 bis 5 μ beim Nickel eine stetig zunehmende Abhängigkeit des Reflexionsvermögens von der Temperatur nachzuweisen, während sich beim Konstantan, welches ein konstantes elektrisches Leitvermögen besitzt, gleichfalls in Übereinstimmung mit der Theorie eine solche Abhängigkeit nicht zeigte.

Auf eine andere Gruppe von Untersuchungen, die interferenzspektroskopischen, wurde schon bei der Besprechung der Prüfung von Planflächen hingewiesen. Bekanntlich entstehen, wenn Licht auf eine Planparallelfläche fällt, infolge der mehrfachen Reflexion an den Oberflächen der Platte Interferenzkurven und -streifen, wie die schon erwähnten Fizeauschen und Haidingerschen. Diese werden, wie die Theorie lehrt, um so schärfer, je größer die Anteile an wiederholt reflektiertem Licht in der Interferenzerscheinung sind. Solche sehr scharfen Interferenzstreifen eignen sich besonders zur genauen Erforschung der Spektrallinien, wie sie von leuchtenden Gasen und Dämpfen erzeugt werden; sie liefern eine viel größere Dispersion als Prismen und Beugungsgitter. In der Reichsanstalt ist nun ein Apparat zur Erzeugung solcher scharfen Interferenzstreifen konstruiert worden, der eine sehr hohe Leistungsfähigkeit besitzt. Sein Hauptbestandteil ist ein gut planparalleler Glasstreifen, in den das zu untersuchende Licht so gesandt wird, daß es nahe dem Winkel der totalen Reflexion auf die Grenzflächen fällt und also streifend austritt.

Mit diesem Apparat sind zahlreiche Spektrallinien, darunter besonders die Quecksilberlinien, auf ihre Struktur und das Vorhandensein von Nebenlinien (Trabanten) untersucht worden, eine Aufgabe, die z. B. mit Rücksicht auf die Möglichkeit, genaueste Längenmessungen in Lichtwellenlängen auszuführen, von großer Bedeutung ist.

Um den Einfluß von Unvollkommenheiten der Glasplatte auszuschließen, die zu Irrtümern führende Nebenlinien (Geister) erzeugen könnten, wurden zwei derartige Platten gekreuzt. Die so entstehenden Interferenzpunkte bieten den weiteren Vorteil, daß die Dispersion noch erhöht und die Struktur der Linien nicht nur qualitativ, sondern auch meßbar untersucht werden kann. Wellenlängenunterschiede, die so noch gemessen werden konnten, lagen vielfach unter 0,002 milliontel Millimeter. Auch die Streifen, die von einem planparallelen Interferenzprisma, das eine unendlich lange Planparallelplatte repräsentiert, und von einer schwach keilförmigen Glasplatte erzeugt werden, wurden für diese Arbeiten mit Erfolg herangezogen. Die hohe Auflösungskraft dieser Interferenzspektroskope ermöglichte es auch, in schwachen magnetischen Feldern den *Zeeman*effekt (die Spaltung von Spektral-

linien) messend zu verfolgen, was in theoretischer Beziehung von besonderer Bedeutung ist.

Zum Schluß sei noch über eine Reihe von Untersuchungen berichtet, die sich auf die Lichterscheinungen im stark evakuierten Geißlerrohr beziehen. Es wurde eine neue, den Kathodenstrahlen ähnliche Strahlenart entdeckt, die von der Anode unter gewissen Umständen ausgesandt werden. Diese Anodenstrahlen, die besonders von heißen Salzanoden ausgehen, zeigen elektrische und magnetische Ablenkbarkeit wie die Kathodenstrahlen und den *Dopplereffekt* (Verschiebung der Spektrallinien im Spektrum). Sie sind als positiv geladene Metallatome der in der Anode enthaltenen Salze aufzufassen, die mit großer Geschwindigkeit (100 bis 1000 km in der Sekunde) von der Anode abgeschleudert werden. Schwierige Messungen, die an ihnen ausgeführt wurden, beziehen sich außer auf die Geschwindigkeit auf das Verhältnis der elektrischen Ladung zur Masse eines leuchtenden Teilchens für verschiedene Metalle. Überlegungen, die sich besonders an die spektroskopischen Untersuchungen knüpfen lassen, machen es wahrscheinlich, daß die Anodenstrahlen wesensgleich sind mit den Protuberanzen der Sonne, daß diese nichts anderes sind als Anodenstrahlen von riesigen Dimensionen.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen über diese Strahlen wurden auch Messungen an Kathodenstrahlen und den sog. Kanalstrahlen ausgeführt.

In dem Vorstehenden sind nur die größeren Gruppen von optischen Arbeiten, die in der Reichsanstalt in den verflossenen 25 Jahren ausgeführt wurden, kurz geschildert. Von weniger umfangreichen seien, um eine ermüdende Aufzählung zu vermeiden, die spektrophotometrischen und spektrographischen, diejenigen über Metalldampflampen und die Objektivuntersuchungen nach einer Abbeschen Methode zur Feststellung der Abhängigkeit der Brennweite von der Temperatur kurz erwähnt. Objektivuntersuchungen sind in der letzten Zeit in umfangreichem Maße und nach verschiedenen Methoden wieder aufgenommen worden.

Das Element Bor.

Nach den Mitteilungen von *E. Weintraub* (von der *General Electric Company* in Schenectady) besprochen von

Prof. Dr. R. J. Meyer, Berlin.

Die Herstellung von reinem elementarem Bor in größeren Mengen ist in den letzten Jahren *E. Weintraub* von der amerikanischen *General Electric Company* gelungen. Die Darstellung dieses Elementes in völlig reinem Zustande begegnet aus dem Grunde großen Schwierigkeiten, weil es eine außerordentlich hohe Affinität zu Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und anderen Elementen besitzt, ähnlich wie Silicium, Titan, Zirkonium und Uran. Andererseits ist die Darstellung absolut reinen Bors von größtem wissenschaftlichem und technischem Interesse, weil die eigentümlichen und praktisch wertvollen Eigenschaften des Elements durch Verunreinigungen selbst im kleinsten Betrage in empfindlichster Weise modifiziert werden.

Weintraub hatte schon im Jahre 1909 über die Herstellung und die wichtigsten Eigenschaften des Bors berichtet. Im vorigen Jahre hielt er vor dem 8. Internationalen Kongreß für angewandte Chemie in New York einen Vortrag, der die Erfahrungen der letzten Zeit wiedergibt und ein so interessantes Bild der Eigenschaften des Bors entwirft, daß sich ein näheres Eingehen auf den Inhalt wohl rechtfertigt. Als Quellen für dieses Referat dienen folgende Mitteilungen von *Weintraub:*

Transact. Americ. Electrochem. Soc. Bd. *16* (1909) p. 165.

Journ. Ind. Engin. Chem. Bd. *2* (1910) p. 477; Bd. *3* (1911) p. 299; Bd. *5* (1913) p. 106 (Wiedergabe des genannten Vortrages).

1. *Technische Darstellung von reinem Bor.* Für die Gewinnung größerer Mengen reinen Bors hat sich die Einwirkung von metallischem Magnesium auf Borsäureanhydrid B_2O_3 bei hoher Temperatur am meisten bewährt. Das Prinzip dieser Methode ist bereits von *Moissan* im Jahre 1895 zum gleichen Zwecke angewandt worden. Unter gewissen Bedingungen erhält man als Produkt dieser Reaktion ein *Magnesiumborid*, unter anderen Bedingungen im wesentlichen ein noch unreines *„Borsuboxyd"*, dem *Weintraub* die Formel B_6O gibt. Die Weiterverarbeitung dieses Zwischenproduktes auf das Element selbst geschieht im elektrischen Lichtbogenofen in einer Atmosphäre von Wasserstoff in der Art, daß das Suboxyd in einem Kupfergefäß die eine Elektrode bildet, während die andere aus einem wassergekühlten Kupferstab besteht. Hierbei gibt das Suboxyd seinen Sauerstoff ab, und alle Verunreinigungen destillieren bei der sehr hohen Temperatur aus dem Bor heraus, das schließlich im geschmolzenen Zustande zurückbleibt. Diese Art der Raffinierung ist auf die definitive Reinigung hochschmelzender Metalle wie Titan, Zirkonium und Wolfram in ähnlicher Weise auch in Deutschland schon mehrfach angewandt worden[1]). Auf diese Weise erhält man jedoch im Durchschnitt nur ein Produkt, das 97 bis 98 % Bor enthält, weil das Zurückbleiben von Verunreinigungen aus den Elektroden nicht ganz zu vermeiden ist. Es wurde deshalb ein Ofen konstruiert, der die Beimengungen von fremden Stoffen auf das peinlichste ausschließt; er beruht auf der Verwendung einer Quecksilberelektrode. Das Raffinieren und Niederschmelzen des Bors geschieht hier also im *Quecksilberlichtbogen*, wodurch die Zuführung von Verunreinigungen völlig vermieden wird.

Eine zweite Methode, die ein absolut reines Bor in kleinen Mengen darzustellen gestattet, beruht auf

[1]) In dieser Beziehung sind besonders die Arbeiten von *Ludwig Weiß* und seinen Schülern zu nennen, bei denen die zu raffinierenden Metalle durch hohen Druck mit nachfolgender Sinterung zu Elektroden formiert werden, die dann unter der Einwirkung des Lichtbogens zum Abschmelzen gebracht werden können.

der Zersetzung des Dampfes von reinem Borchlorid, BCl_3, durch Wasserstoff bei hoher Temperatur, die entweder durch den Lichtbogen oder durch einen elektrisch geheizten Glühkörper erzeugt wird, je nachdem das Bor in Form von kompakten Stücken oder als Pulver erhalten werden soll.

Ein weiteres Problem bildet *die Formgebung* der durch die skizzierten Darstellungmethoden gewonnenen Klumpen oder Pulver. Da der Schmelzpunkt des reinen Bors bei 2300° C. liegt, so ist ein Umschmelzen oder Sintern in einer dieser hohen Temperatur standhaltenden Form mit Schwierigkeiten verbunden und dies um so mehr, als das Bor, wie bereits erwähnt, eine außergewöhnlich große Neigung besitzt bei hoher Temperatur mit fremden Stoffen in Reaktion zu treten. Eine vorläufige Formgebung, etwa durch Wirkung hohen Druckes mit nachfolgender Sinterung, ein Verfahren, das bei der Herstellung des ziehbaren Wolframs Anwendung findet, ließ sich beim Bor nicht durchführen. Die Lösung der Frage brachte die Verwendung des *Bornitrids* als Formmaterial. Diese Bor-Stickstoff-Verbindung, deren Eigenschaften offenbar noch ungenügend bekannt sind, obwohl sie neben der Bor-Kohlenstoff-Verbindung, dem Borkarbid, bereits in der ersten Entwicklungsphase der Metallfadenlampe eine nicht unwichtige Rolle gespielt hat, ist *selbst bei einer Temperatur von 3000° nicht schmelzbar;* ferner ist sie ein sehr schlechter Leiter für den elektrischen Strom und von außergewöhnlicher Widerstandsfähigkeit gegen chemische Angriffe. Diese Eigenschaften machen das Nitrid zu einem idealen Ofenauskleidungs- und Formmaterial bei der Sinterung des Bors. Zu diesem Zwecke hat *Weintraub* einen „Bornitrid-Sinterungsofen" konstruiert, in dem die stromzuführenden Pole unter starkem Druck an das Borpulver angepreßt werden, um einen guten Kontakt zu sichern. In diesen Öfen können sowohl Bor als auch Borkarbid, Wolfram und andere hochschmelzende Materialien durch Sinterung in beliebige Formen gebracht werden.

2. *Eigenschaften des Bors.* Das reine geschmolzene Bor gleicht in seinen Eigenschaften am meisten dem schwarzen Diamant (Carbonado). Die Oberfläche ist ein tiefes Schwarz und nimmt glänzende Politur an. Der Schmelzpunkt liegt bei 2300°, doch ist die Dampftension schon bei 1200° erheblich, so daß beim Schmelzen im Vakuum eine beträchtliche Verflüchtigung stattfindet. Gleicht so das Bor dem Kohlenstoff bis zu einem gewissen Grade, so nimmt es in bezug auf seine elektrischen Eigenschaften eine entschiedene Sonderstellung ein. In der Kälte ist es ein sehr schlechter Leiter der Elektrizität; *sein spezifischer Widerstand ist 10^{12} mal größer als der des Kupfers.* Hierin zeigt sich noch die Verwandtschaft zum Kohlenstoff, dagegen unterscheidet es sich von ihm sowie von allen anderen bekannten Elementen durch einen ganz *abnorm hohen Temperaturkoeffizienten des Widerstandes.* Dieser ist wie beim Kohlenstoff und bei anderen nichtmetallischen Elementen (Metalloiden) negativ, d. h. er sinkt mit steigender Temperatur, aber der Abfall ist ein so rapider, wie er sonst niemals beobachtet wird. Die folgenden Zahlen geben hiervon ein Bild:

Temperatur:	*Widerstand in Ohm:*
27°	775 000 Ω
100°	66 000 „
170°	7 700 „
320°	180 „
520°	7 „
600°	4 „

Bei Temperaturen über 1000° wird der Widerstand nur ein Bruchteil eins Ohm. Vergleicht man hiermit die Temperaturkoeffizienten der dem Bor am nächsten stehenden Elemente Kohlenstoff und Silicium, so ergibt sich folgendes:

Bei amorpher Kohle fällt der Widerstand zwischen gewöhnlicher Temperatur und Weißglut ungefähr im Verhältnis **2 : 1**,

bei Silicium zwischen gewöhnlicher Temperatur und dem Schmelzpunkt (1400°) im Verhältnis **100 : 1**,

bei Bor von 0° bis zur Rotglut im Verhältnis **10 000 000 : 1**.

Wir haben es also bei niedriger Temperatur mit einem sehr schlechten, bei hoher mit einem sehr guten Leiter zu tun. Infolge dieses Verhaltens zeigt auch die *Stromspannungskurve* ein eigentümliches Bild: Bei allmählichem Steigen der Spannung wird zunächst sehr wenig Strom aufgenommen, die Kurve verläuft sehr steil, bis das Metall warm genug geworden ist, dann ein plötzlicher Umschlag eintritt und es nun große Strommengen bei niedrigen Spannungen aufnimmt. Dieses Verhalten erinnert lebhaft an das ähnliche Verhalten des Glühkörpers in der Nernstlampe, in dem aber die Stromleitung, wenigstens im Beginn, keine metallische, sondern eine elektrolytische ist.

Aber diese Verhältnisse treffen streng nur für das absolut reine Bor zu, denn der *Einfluß selbst sehr kleiner Mengen fremder Bestandteile* auf die elektrischen Eigenschaften ist ein ungeheurer. So wächst z. B. die Leitfähigkeit bei Gegenwart von 0,1 % Kohlenstoff schon auf das Vielfache. Löst man 7 bis 8 % Kohlenstoff in Bor auf, so verschwinden überhaupt alle für das elektrische Verhalten charakteristischen Merkmale und die Leitfähigkeit nähert sich der des Siliciums und des Kohlenstoffs. Hand in Hand mit dieser Verminderung des Widerstandes durch im Bor gelöste fremde Stoffe geht ein bedeutender Abfall des Wertes des Temperaturkoeffizienten. Für den praktischen Gebrauch des Bors ist dieser Einfluß gelöster Substanzen von großer Bedeutung, weil man es so in der Hand hat den spezifischen Widerstand in weiten Grenzen zu variieren und den Temperaturkoeffizienten von dem abnorm hohen Werte des reinen Bors auf einen beliebig niedrigeren Wert herabzudrücken.

3. *Technische Verwendung des Bors.* In bezug auf die Verwendungsmöglichkeiten des Bors drängt sich zunächst im Hinblick auf das geschilderte elektrische Verhalten seine *Benutzung als elektrisches Thermometer* für sehr genaue Temperaturmessungen auf. Wenn man bedenkt, daß bei niedrigen Temperaturen der Wert der Leitfähigkeit sich für jede 17° Temperatur-

anstieg verdoppelt, so dürfte ein solches „Borthermometer" zu einem sehr empfindlichen Instrument zur Messung strahlender Energie und als Thermoregulator ausgebildet werden können.

Zunächst aber hat *Weintraub* versucht die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Bors für technische Anwendungen auszunutzen. Da die Volt-Amperekurve mit wachsender Stromintensität einen starken Spannungsabfall zeigt, so kann das Bor entweder für sich oder in Kombination mit einem gewöhnlichen Widerstand vorteilhaft als Regulierwiderstand für elektrische Apparate und Maschinen dienen, und der Einfluß kleiner im Bor gelöster Mengen anderer Elemente auf den spezifischen Widerstand und den Temperaturkoeffizienten gibt weiterhin ein außerordentlich feines Mittel an die Hand, um einen solchen „Borwiderstand" allen möglichen speziellen Erfordernissen anzupassen.

Die wertvollste *mechanische Eigenschaft* des reinen Bors besteht in seiner außerordentlichen Härte, verbunden mit seiner amorphen Struktur. Seine Anwendung zur Herstellung von *Lagern und Trägern* in Präzisions-Meßapparaten hat sich daher in hohem Maße bewährt. Es ist durch eine spezielle Art der Bearbeitung gelungen, vollkommen homogenes, porenfreies und glänzend polierbares Bor zu erzeugen, das als Ersatz der Edelsteine, beispielsweise in Uhrwerken dient, dem Diamant sowohl in bezug auf Lebensdauer als auch auf Friktionskonstanz gleicht und dem Rubin und Saphir überlegen ist.

Schließlich berichtet *Weintraub* noch über eine *metallurgische Verwendung des Bors*, nämlich zur *Raffination von Gußkupfer*. Rohes Gußkupfer enthält zahlreiche Löcher und Höhlungen, die durch Abgabe des von dem geschmolzenen Metalle absorbierten Sauerstoffs entstehen. Dieser Mangel verursacht die schlechte Leitfähigkeit des Gußkupfers. Durch Zusatz geringer Mengen desoxydierender Mittel, wie Zink, Magnesium, Phosphor, läßt sich diesem Uebelstande bis zu einem gewissen Grade begegnen, doch haben alle diese Mittel die Eigenschaft mit Kupfer Verbindungen einzugehen und so wiederum die Leitfähigkeit ungünstig zu beeinflussen. Ein Zusatz von Bor, oder einfacher und billiger von Borsuboxyd (siehe oben) „desoxydiert" dagegen das Kupfer, ohne sich mit ihm zu verbinden und liefert so ein raffiniertes Produkt von ausgezeichneter Leitfähigkeit auf verhältnismäßig wohlfeilem Wege. Nach diesem Verfahren werden in Amerika schon große Quantitäten Kupfer raffiniert, das natürlich für leitende Teile elektrischer Maschinen besonders geeignet ist.

Es liegt in der Natur der modernen Entwicklung der elektrischen Glühlampe begründet, daß man heute beim Bekanntwerden eines neuen metallisch leitenden Materials von hohem Schmelzpunkt in erster Linie an eine Verwendungsmöglichkeit für die Lampenindustrie denkt. Von diesem Gedanken ist ursprünglich auch *Weintraub* ausgegangen, aber die geschilderten Eigenschaften des Bors, insbesondere die bedeutende Dampfspannung, die schon bei 1600° im Vakuum Schwarzfärbung der Glaswandung der Lampen bewirkt, verbunden mit der sehr hohen Leitfähigkeit bei hoher Temperatur, macht jedenfalls das reine Bor für diesen Zweck untauglich. Im Hinblick aber auf die erheblichen Modifikationen, die es in seinen Eigenschaften bei Zusatz fremder Stoffe erleidet, kann eine künftige Anpassung des so wandlungsfähigen Stoffes an die Bedürfnisse der Metallfadenlampen-Industrie nicht für ausgeschlossen gelten. Jedenfalls ist anzunehmen, daß *Weintraub* mit seinen Mitarbeitern im Laboratorium der *General Electric Company* zu West-Lynn, Mass. weiter bemüht ist die Verwendungsmöglichkeiten des von ihm mit so großem Erfolge studierten Elementes zu erweitern.

Die Synthese der Mineralien und Gesteine.

Von Privatdozent Dr. J. Uhlig, Bonn.

(Schluß.)

Durch die Mitarbeit der zahlreichen Forscher wurde es möglich, die wichtigsten Mineralien, meist auch auf mehreren Wegen, synthetisch darzustellen. Eine gedrängte Übersicht über die wichtigsten der mineralsynthetischen Methoden mag einen Begriff von der hierbei geleisteten Arbeit geben.

Eine erste Gruppe von Synthesen bediente sich der *Vermittlung des gasförmigen Zustandes.* Leicht flüchtige Mineralien können so einfach durch Sublimation meist gut kristallisiert erhalten werden, so z. B. Arsen, Realgar, Auripigment, Zinnober, Bleiglanz, Salmiak, Steinsalz usw. Auch bei Hüttenprozessen entstehen solche sublimierte Mineralien vielfach, u. a. bildet sich bisweilen Bleiglanz in ziemlich großen Würfeln. Sonst können Mineralien, die an sich nicht flüchtig sind, durch Wechselzersetzung geeigneter leicht flüchtiger Verbindungen hergestellt werden. Oben wurde bereits die Synthese des Eisenglanzes durch Einwirkung von Wasserdampf auf Dampf von Eisenchlorid bei Rotglut (nach *Gay-Lussac)* erwähnt; der Vorgang vollzieht sich nach folgender Gleichung:

$$2\ FeCl_3 + 3\ H_2O = 6\ HCl + Fe_2O_3 \text{ (Eisenglanz).}$$

Auf ganz analoge Weise lassen sich Zinnstein (SnO_2), ferner die Titansäuremineralien Rutil und Brookit und andere mit Hilfe von Chlorid- und Fluoriddämpfen, ebenso die sulfidischen Erze durch Wechselwirkung von Metallchloriden mit Schwefelwasserstoff darstellen. Die auf einander reagierenden Gase läßt man in glühenden Glas- oder Porzellanröhren zusammentreffen. Dabei ist Sorge zu tragen, daß sich der Prozeß möglichst langsam vollzieht, da sich sonst amorphe Produkte bilden. Sulfidische Mineralien lassen sich aber auch gewinnen durch Einwirkung von Schwefeldampf oder Schwefelwasserstoff auf *feste* Metalle und Metalloxyde; ebenso sind oxydische Mineralien durch Reaktionen zwischen Wasserdampf und ge-

eigneten festen Substanzen darstellbar. Besonders interessant sind diejenigen Synthesen, bei denen zur Mineralbildung eine flüchtige Substanz benutzt wird, deren Bestandteile nicht in die chemische Zusammensetzung des entstehenden Minerals eingehen. Solche Substanzen sind Salzsäure, Chloride, besonders Chlorammonium, Fluor- und Borverbindungen. Sie geben Veranlassung zur vorübergehenden Entstehung unbeständiger gasförmiger Verbindungen, welche dann ganz in ähnlicher Weise wie bei den vorher angeführten Synthesen die eigentliche Mineralbildung bewirken. Solche „flüchtige Mineralisatoren" spielen auch in der Natur bei den sog. pneumatolitischen Prozessen, wie sie sich im Anschluß an die Gasentbindung erstarrender Magmen vollziehen, eine große Rolle. Als Beispiel für diese letztere Art von Synthesen wollen wir hier nur die Darstellung der ersten zu Edelsteinen verschleifbaren Rubine nach *Frémy* erwähnen. Es wurde zu dem Zweck amorphe Tonerde, der zur Erzielung der Rubinfarbe eine Chromverbindung beigemischt war, mit Fluorcalcium oder Fluorbarium und etwas Kaliumkarbonat in porösen Tiegeln bis auf 1500° erhitzt. Hierbei konnte durch eine geeignete Versuchsanordnung andauernd Luft durch den Tiegel streichen. Wahrscheinlich war nun der Vorgang der, daß sich anfangs flüchtiges Fluoraluminium bildete, welches durch den Wassergehalt der durchstreichenden Luft in Aluminiumoxyd, den Rubin, und Flußsäure umgesetzt wurde.

Bei der *Mineralbildung aus Schmelzen* ist zu unterscheiden zwischen den sog. *trockenen Schmelzen*, welche nur aus den Bestandteilen der darzustellenden Mineralien bestehen, und *Schmelzen mit Mineralisatoren*. Als Mineralisatoren haben bei der Synthese Verwendung gefunden: Chloride (NaCl, $CaCl_2$, $BaCl_2$), Alkalifluoride und Fluormagnesium, Borsäure und Borax, Karbonate, Sulfate, Wolframsäure sowie Alkaliwolframate, -molybdate, -vanadinate und -phosphate, endlich Wasserdampf, der unter Druck durch die Schmelze hindurchgepreßt wird. Von den Mineralien der natürlichen Eruptivgesteine konnten künstlich aus trockenen Schmelzen besonders die folgenden erhalten werden: Olivin, Augit, rhombische Pyroxene, Wollastonit, verschiedene Plagioklase, Melilith, Nephelin, Leuzit, Melanit, Magnesiaglimmer, Cordierit, Sillimanit, Tridymit, Magnetit, Spinell, Eisenglanz, Korund und einige andere. Es ist dies etwa der Mineralbestand der an der Erdoberfläche erstarrten Ergußgesteine. Nur aus Schmelzen mit geeigneten Mineralisatoren ließen sich gewinnen: Quarz, die Alkalifeldspäte, Hauyn, Nosean, Sodalith, Kali- und Lithionglimmer, Hornblende, Beryll und einige andere. Diese Mineralien sind größtenteils charakteristisch für die unter Druck und der Einwirkung von Mineralisatoren erstarrten Tiefengesteine. Es ist jedoch noch nicht gelungen, letztere selbst synthetisch darzustellen, während dies wohl für die Ergußgesteine gilt, wie bereits weiter oben ausgeführt wurde.

Zu den Mineralbildungen aus schmelzflüssigem Zustande gehört auch das Verfahren zur *Herstellung der synthetischen Rubine und Saphire*. Allerdings wird hierbei keine umfangreiche Schmelzmasse benutzt, sondern man erzeugt immer nur eine ganz dünne geschmolzene Schicht, die man an die bereits verfestigte Substanz ankristallisieren läßt. Hierbei herrscht eine Temperatur von angeblich 1800 bis 2000°, welche durch ein vertikales Leuchtgas-Sauerstoffgebläse erzeugt wird. Die Stichflamme richtet sich von oben nach unten gegen einen Tonzylinder, auf dem sich der synthetische Stein bildet. Als Rubin und Saphir bezeichnet man bekanntlich die rot bzw. blau gefärbten Varietäten des Minerals Korund, welches chemisch weiter nichts als Tonerde, Al_2O_3, ist. Die für die Synthese benutzte Ausgangssubstanz ist feingepulverte und sorgfältig hergestellte amorphe Tonerde, welche aus einer Büchse mit Siebboden gleichmäßig in den Gasstrom des Gebläses eingestreut wird. Aus dem Tonerdestaub bilden sich an den heißesten Stellen des Gebläses weißglühende Tröpfchen, die sich bei der Verfestigung kristallographisch orientiert aneinanderfügen. Es entsteht so allmählich ein fester birnförmiger Tropfen, der mit seinem spitzen Teile auf dem Tonzylinder aufgewachsen ist. Während des Wachsens muß der Korundtropfen langsam nach abwärts bewegt werden, damit immer nur die in Bildung begriffene Stelle mit dem heißesten Teil der Gebläseflamme in Berührung kommt. Die Tropfen werden bis fast nußgroß und stellen durch die ganze Masse einen einheitlichen Korundkristall dar. Bisweilen treten sogar ebene Kristallflächen daran auf. War die Ausgangssubstanz chemisch reine Tonerde, so ist der Korundtropfen völlig farblos und wasserklar. Die Rubinfärbung erreicht man durch Zusatz von Chromoxyd, die Saphirfärbung durch Zusatz von Eisen- und Titanoxyd. Die Eigenschaften der synthetischen Steine, spez. Gewicht, Brechungsexponenten, Färbung usw., stimmen vollkommen mit denen des natürlichen Korunds bzw. Saphirs überein. Nur führen die künstlichen Steine bisweilen mikroskopische Gasporen, die den natürlichen fehlen. Sind diese vorhanden, so ist eine Unterscheidung natürlicher und synthetischer Steine unter dem Mikroskop möglich, sonst nicht. Künstlich lassen sich übrigens sehr verschieden gefärbte Korundvarietäten erzeugen, die in der Natur nicht bekannt sind. Das geschilderte Verfahren wurde von dem Franzosen *Verneuil* ausgearbeitet. Seit einer Reihe von Jahren werden die synthetischen Korunde besonders aber auch in Deutschland hergestellt. Nach dem gleichen Verfahren läßt sich auch blauer Spinell synthetisch darstellen, der aber nicht so schön wie der natürliche von Ceylon gefärbt ist.

Mehrfach sind *Metallschmelzen* zu Mineralsynthesen benutzt worden, besonders bei den Versuchen künstlichen *Diamant* darzustellen. Geschmolzenes Eisen vermag bekanntlich beträchtliche Mengen Kohlenstoff zu lösen. Beim Erstarren scheiden sich diese wieder aus, gewöhnlich als Graphit, unter gewissen, noch nicht ganz geklärten Bedingungen aber auch als Diamant. Wahrscheinlich aber bildet sich letzterer erst bei Temperaturen unter 1000°, während

darüber Graphit die stabile Modifikation des Kohlenstoffes ist. *Moissan* konnte mit Hilfe seines elektrischen Schmelzofens kleine Diamanten erhalten, indem er eine kohlenstoffhaltige Eisenschmelze herstellte und diese dann zur raschen Verfestigung in Wasser oder geschmolzenes Blei goß, nach Abkühlung bis auf dunkle Rotglut aber die weitere Erkaltung langsamer an der Luft vor sich gehen ließ. Durch Auflösen des Eisens in Säuren ließen sich winzig kleine Oktaederchen von Diamant isolieren, welche durch ihre hohe Härte, spez. Gewicht sowie durch chemische Analyse identifiziert wurden. Das Verfahren ist jedoch sehr kostspielig.

Eine dritte Gruppe von *Synthesen* sind diejenigen *aus wässeriger Lösung*. Die geringe Zahl der leicht in Wasser löslichen Mineralien läßt sich durch Eindunsten der Lösung gewöhnlich besser kristallisiert erhalten als in der Natur. Mineralien, welche in kohlensäurehaltigem Wasser löslich sind, wie z. B. die beiden natürlichen Modifikationen des kohlensauren Kalks, Kalkspat und Aragonit, können aus derartigen Lösungen durch langsames Entweichen der Kohlensäure kristallisiert erhalten werden. Aus kalten Lösungen scheidet sich dabei im allgemeinen Kalkspat, aus warmen Aragonit aus. Von großem Einfluß können aber gleichzeitig gelöste Substanzen, die sog. *Lösungsgenossen*, sein, indem sich Aragonit auch aus kalten Lösungen bildet, wenn gleichzeitig Strontium-, Barium- und Bleisalze oder Gips gelöst sind. Schwer lösliche Mineralien können künstlich durch langsame Wechselzersetzung geeigneter löslicher Substanzen erhalten werden. Mischt man eine bariumhaltige Lösung mit Schwefelsäure oder der Lösung eines Sulfats, so bildet sich bekanntlich ein amorpher weißer Niederschlag von Bariumsulfat. Läßt man dieselbe Reaktion aber mit Hilfe sehr verdünnter Lösungen sich außerordentlich langsam vollziehen, so bilden sich rhombische Kristallblättchen, welche dem natürlichen Bariumsulfat, dem Schwerspat, entsprechen. Eine genügend langsame Vereinigung kann man durch verschiedene Kunstgriffe erreichen, z. B. dadurch, daß man die verdünnten Lösungen in zwei verschiedene Gefäße bringt und durch einen als Heber wirkenden Faden vereinigt. Nach einer anderen Methode werden zwei mit den verdünnten Lösungen gefüllte Gefäße gemeinsam in ein größeres gesetzt und darin vorsichtig mit Wasser überschichtet. Die Vereinigung findet dann langsam durch Diffusion statt. Schließlich kann man auch so verfahren, daß man eine der zur Reaktion benutzten Substanzen trocken zu unterst in ein hohes Gefäß füllt, darauf Kieselsäuregallerte stampft und hierüber die Lösung der zweiten Substanz schichtet. Durch die Gallerte hindurch findet dann eine sehr langsame Diffusion statt. Die Mineralbildung nimmt dann mehrere Monate in Anspruch. Auf diese Weise hat man außer Schwerspat noch eine ganze Reihe anderer schwer löslicher Mineralien darstellen können, so Cölestin, Bleivitriol, Witherit, Weißbleierz, Kalkspat, Flußspat, Rotkupfererz usw. An dieser Stelle sind noch die Nachbildungen durch Einwirkung von Lösungen auf feste Körper zu erwähnen, wodurch man besonders sehr schöne künstliche Pseudomorphosen erzeugen kann. Legt man z B. ein Spaltrhomboeder von Kalkspat in eine Kupferchloridlösung, so scheidet sich Kupferkarbonat als grüner Malachit unter Erhaltung der Rhomboederform darauf ab, es bildet sich eine Pseudomorphose von Malachit nach Kalkspat.

Zahlreiche und z. T. besonders gelungene Mineralsynthesen hat man *aus wässerigen Lösungen bei Temperaturen über dem Siedepunkte* des *Wassers* erzielen können, indem man die Erhitzung in geschlossenen Gefäßen vornahm. Die Gefäße müssen hierbei sehr hohe Drucke aushalten. Bei Temperaturen bis 300° lassen sich Glasröhren aus schwer schmelzbarem Glas verwenden, die an beiden Enden zugeschmolzen sind. Für höhere Temperaturen müssen zylindrische Gefäße aus Schmiedeeisen oder Stahl benutzt werden, die gewöhnlich zum Schutz gegen chemische Angriffe durch die Lösung innen mit Platin oder Platin-Iridium ausgekleidet sind. Einigermaßen schwierig ist ein genügend dichter Verschluß nach dem Einfüllen der Lösung. Dieser wird gewöhnlich dadurch erreicht, daß über die Öffnung zunächst eine Platte aus weichem, ausgeglühtem Kupfer oder aus Platin gelegt wird, die dann durch eine zweite eiserne Platte mit Hilfe von Schrauben fest angepreßt wird. Derartige Gefäße halten Temperaturen bis etwa 550°, also dunklere Rotglut, aus. Bisher kennt man kein Material, welches wesentlich höhere Temperaturen, bezw. den dabei auftretenden Drucken, Widerstand leisten könnte. Weiter oben wurden bereits die Synthesen von *Sénarmont* erwähnt. Er konnte 29 auf Erzgängen verbreitete Mineralien aus heißen Lösungen unter Druck bei Temperaturen zwischen 100 und 350° herstellen, indem er Lösungen, welche kohlensaure Alkalien, Schwefelalkalien, Kohlensäure oder Schwefelwasserstoff enthielten, auf amorphe feste Substanzen von geeigneter Zusammensetzung einwirken ließ. Die genannten Stoffe sind die gewöhnlichsten Bestandteile der Thermalwässer, und *Sénarmont* wählte sie, um durch die Synthese eine Stütze für die Theorie der thermalen Entstehung der Erzgänge zu gewinnen. Von *Sénarmont* und anderen nach ihm konnten auf diesem Wege besonders eine große Anzahl sulfidischer Erze synthetisch dargestellt werden, so Realgar, in schönen Kriställchen, ferner Auripigment, Antimonglanz, Wismutglanz, Bleiglanz, Zinkblende, Eisenkies, Arsenkies, Kupferkies, Rotgültigerz, Silberglanz, Zinnober usw. Sehr leicht läßt sich Quarz aus gallertartiger Kieselsäure mit Hilfe von Lösungen von Alkalikarbonaten und -silikaten auf diesem Wege kristallisiert erhalten. Neuerdings hat z. B. *G. Spezia* sehr schöne Quarzkristalle von über 1 cm Länge erzielen können, die durchaus den natürlichen auf Spalten und Hohlräumen gebildeten Quarzen ähneln, und die man auch für solche halten könnte, wenn nicht noch die Silberdrähte darin steckten, an denen sie gewachsen sind. Von der großen Zahl der nach der in Rede stehenden Methode künstlich dargestellten Mineralien nennen wir nur einige der wichtigsten, so von Oxyden Rutil, Eisenglanz, Korund, Titaneisen, weiter die Karbonate Kalkspat, Eisenspat, Mangan-

spat, Zinkspat, Magnesit, Dolomit, Witherit, dann Flußspat, Schwerspat, Apatit, Borazit, eine ganze Reihe von Silikaten, besonders Zeolithe, aber auch die Feldspate Orthoklas, Albit und Anorthit, dann Andalusit, Kaliglimmer, Topas (durch Einwirkung einer kieselflußsäurehaltigen Lösung auf Kieselsäure und Tonerde) usw.

Die bisher besprochenen drei Gruppen von mineralsynthetischen Methoden sind bei weitem die wichtigsten. Sonst kommt noch in Betracht die Mineralbildung durch polymorphe Umwandlung (Entstehung von Kalkspat aus Aragonit, von Sillimanit aus Andalusit und Disthen) oder auch durch Kristallinwerden amorpher Phasen (Entglasung von Quarzglas zu Tridymit). In beiden Fällen ist gewöhnlich längeres Erhitzen auf gewisse Temperaturen nötig. Die Bedeutung derartiger Umwandlungen liegt aber mehr auf dem Gebiete der Polymorphie.

Durch die bisherige Entwicklung der Synthese, wie sie im vorangehenden geschildert wurde, war es also gelungen, die wichtigsten Mineralien, von den Eruptivgesteinen auch die Ergußgesteine nachzuahmen und eine große Reihe von Darstellungsmethoden auszuarbeiten. Etwa Mitte der 90 er Jahre des vorigen Jahrhunderts begann nun die Mineralsynthese in eine neue Epoche einzutreten, indem die physikalische Chemie maßgebenden Einfluß auf ihre Arbeitsweise gewann. Ihre vornehmste Aufgabe wurde jetzt die *Feststellung der Bildungs- und Existenzgebiete der Mineralien* bei Verschiebung des chemischen Gleichgewichts durch Änderung der maßgebenden Faktoren, *Konzentration, Temperatur* und *Druck*. Somit ändert sich auch der Charakter der Publikationen auf diesem Gebiete, indem Zahlenreihen und graphische Darstellungen in ihnen eine immer größer werdende Bedeutung gewinnen. Die so veränderte Mineralsynthese mündet damit in die physikalisch-chemische Richtung ein, die in der Mineralogie heute eine tonangebende Rolle spielt. Noch mehr als früher wurde jetzt das wichtigste Ziel der mineralsynthetischen Arbeiten, die Bildungsbedingungen der Mineralien in der Natur aufzuklären. Die Mineralien liegen uns als fertige Produkte vor, und nur aus der Art ihres Vorkommens, den Begleitmineralien und anderem können wir gewisse Schlüsse auf ihre Entstehung ziehen. Aber auch bei den in der bisherigen Weise erzielten Synthesen war keine tiefere genetische Einsicht möglich. Es handelte sich vielfach um rein qualitative Versuche, oder es waren doch meist nur die Mengenverhältnisse zu Beginn des Versuches und angenähert die Temperatur bekannt. Es lag hier also noch ein weites Feld für quantitative, physikalisch-chemische Untersuchungen vor.

Den Anstoß hierzu gaben die Untersuchungen *van t'Hoffs* und seiner Mitarbeiter über die *Bildung der ozeanischen Salzablagerungen* (1896—1907). Es kann sich hier nicht um eine eingehende Inhaltsangabe dieser sehr bekannten Arbeiten handeln, nur einige bedeutungsvolle Punkte sollen hervorgehoben werden. Die Bildung der Salzlager war nur noch ein spezielles Problem, nachdem die Gesetze der Auskristallisation aus komplexen Lösungen ermittelt waren. Die durch geologische Tatsachen gegebene Voraussetzung ist hierbei, daß sich unsere heutigen Salzlager durch Eindunsten eines Binnenmeeres von ähnlicher chemischer Zusammensetzung wie das heutige Meerwasser gebildet haben. Immerhin ist das Meerwasser eine sehr kompliziert zusammengesetzte Lösung, neben dem vorwiegenden Chlornatrium waren besonders die Chloride und Sulfate des Kaliums und Magnesiums, ferner Calciumsalze und Borate zu berücksichtigen. Weitere seltenere Bestandteile sind dann erst durch neuere Arbeiten in den Kreis der Untersuchungen gezogen worden. Die Untersuchungen *van t'Hoffs* sind dabei so allgemein gehalten, daß das Meerwasser nur einen Spezialfall aller aus den genannten Stoffen gebildeten Lösungen darstellt. Die Reihenfolge der Ausscheidungen wird nicht einfach durch die Löslichkeit bestimmt, wie man früher annahm, sondern besonders durch die Mengenverhältnisse und die Lösungsgenossen. Von größtem Einfluß ist die Temperatur auf chemische Zusammensetzung und Menge der Ausscheidungen, und aus dem Auftreten eines bestimmten Salzes oder besser aus der Koexistenz mehrerer solcher kann umgekehrt ein Schluß auf die Bildungstemperatur der natürlichen Lagerstätten gezogen werden. So müssen nach den konstatierten Mineralkombinationen unsere Salzlager bei Temperaturen zwischen 25 und 83° entstanden sein. Keine nennenswerte Bedeutung besitzt der Druck, einen unerwartet großen Einfluß dagegen die Zeit, indem in vielen Fällen, besonders bei komplizierter zusammengesetzten Salzen, die Übersättigung vor der Ausscheidung nur äußerst langsam aufgehoben wird. Bei *raschem* Eindunsten der Lösung bilden sich daher manche der zu erwartenden Mineralien überhaupt nicht. So erklärt es sich, daß bei früheren Versuchen nur ein Teil der Salzmineralien künstlich erhalten wurde. Nach Feststellung der in jedem Falle eintretenden Ausscheidungen ermöglichen Lösungsversuche den Einblick in den quantitativen Kristallisationsgang. Die hierbei gewonnenen Resultate werden für bestimmte Temperaturen zur graphischen Darstellung gebracht und lassen die Existenzgebiete der einzelnen Salze sowie den Weg, den die Kristallisation beim Eindunsten nimmt (Kristallisationsbahnen), erkennen. Hat man eine Salzlösung von bekannter Zusammensetzung, so entspricht dieser Zusammensetzung ein bestimmter Punkt der graphischen Darstellung, und man kann mit Hilfe der eingezeichneten Kristallisationsbahnen ohne weiteres qualitativ und quantitativ den Kristallisationsverlauf beim Eindunsten der Lösung bei bestimmter Temperatur angeben.

Die glänzenden Ergebnisse der Untersuchungen *van t'Hoffs* legten es naturgemäß nahe, seine Methode auch auf anderen Gebieten zu verwerten. Besonders ist dies versucht worden für *die hydrothermale Bildung von Silikaten*, wie sie ja bereits in den älteren Synthesen eine Rolle spielte. So hat neuerdings *E. Baur* (1911) auf diese Weise die Mineralbildungen aus wässerigen Silikatlösungen bei 450° verfolgt. Die in Betracht kommenden

Stoffe waren Kali, Natron, Kalk, Tonerde und Kieselsäure; sie wurden in Form verschiedener feingepulverter, amorpher Substanzen mit Wasser in eine Stahlbombe gegeben. Je nach den angewandten Mengen der verschiedenen Stoffe entstanden auch verschiedene Mineralien, so Quarz oder Opal, Orthoklas, Albit, Muskovit, Andalusit, aus den alkali- oder kalkreicheren Mischungen besonders Zeolithe, wie Analzim, Faujasit, Desmin, Gyrolith und Pektolith. Durch Eintragung der Ausgangsstoffe in Dreiecks- bezw. Tetraederprojektionen ließ sich die Abhängigkeit der Mineralbildung von diesen Stoffen graphisch zur Darstellung bringen, speziell konnten auch angenähert die Existenzgrenzen der verschiedenen Mineralien eingezeichnet werden. Zu bemerken ist, daß bei Verwendung alkalireicherer Mischungen keine vollständige Lösung der Ausgangsstoffe stattfand, so daß hier möglicherweise oder sogar wahrscheinlich durch Bodenkörperreaktionen auch instabile Mineralbildungen zustande kamen. Um dies zu vermeiden, haben *J. Königsberger* und *W. Müller* (1906) bei einer Versuchsreihe zur Untersuchung über die Bildung der alpinen Kluftmineralien in der dabei verwendeten Heizbombe eine Filtriervorrichtung angebracht. Es war weiter möglich, im geeigneten Zeitpunkt den ganzen elektrischen Ofen mit der Bombe umzukehren. Die entstandene Lösung lief dann durch das Filter nach unten ab, während ungelöstes zurückgehalten wurde. Aus der Lösung wurden sehr hübsch ausgebildete Quarzkriställchen erhalten, unter den Bodenkörperprodukten wurde u. a. auch Natronkalifeldspat gefunden. Auf weitere interessante Einzelheiten dieser Untersuchungen kann hier nicht eingegangen werden. Im übrigen muß man sagen, daß bei Silikatlösungen so komplizierte Verhältnisse vorliegen, daß sie vorläufig physikalisch-chemischen Betrachtungen noch sehr wenig zugänglich sind. Alle Silikate unterliegen in wässeriger Lösung sehr stark der Hydrolyse, so daß neben den Ionen der Ausgangsprodukte noch die hydrolytischen Spaltungsprodukte, zum Teil in kolloider Lösung, anwesend sind. Dies führt zu äußerst komplizierten Gleichgewichten, die sich vorläufig gar nicht übersehen lassen.

Die Gesetze verdünnter wässriger Lösungen hat man ohne weiteres auch auf die *Silikatschmelzflüsse* anzuwenden versucht. In ausgedehntestem Maße ist dies zuerst von *J. Vogt* (1903) in einer Reihe sehr verdienstvoller Abhandlungen geschehen. Bei den Schmelzen existiert allerdings kein eigentliches Lösungsmittel, sondern es findet ein gegenseitiges Gelöstsein aller Bestandteile statt. Auch erfolgt hier nicht die Ausscheidung durch Verdunstung des Lösungsmittels, sondern durch Temperaturerniedrigung. Damit liegen ähnliche Verhältnisse wie bei gefrierenden Lösungen vor. Bei der Abkühlung kristallisieren hier die gelösten Bestandteile mehr und mehr aus, bis zuletzt das Lösungsmittel und der Rest des Gelösten in einem Gemenge von bestimmter Zusammensetzung erstarren, die identisch ist mit derjenigen der Lösung unmittelbar vor dem Gefrieren. Diese *„eutektischen Gemische"* spielen in den Ansichten *Vogts* eine große Rolle und sollten hauptsächlich den Kristallisationsverlauf erstarrender Schmelzen bestimmen. Aus einer gemengten Schmelze zweier Bestandteile müßte danach zuerst derjenige auskristallisieren, der im Verhältnis zur eutektischen Mischung im Überschuß vorhanden ist. Die Untersuchung erstarrender Schmelzen hat aber durchaus nicht die von *Vogt* angenommene, große Bedeutung der eutektischen Gemische bestätigt, wenigstens nicht für trockene Schmelzen. Nach *C. Dölter* beherrscht vielmehr die starke *Viskosität* der Silikatschmelzen den ganzen Kristallisationsverlauf. Die zähen Schmelzen neigen nämlich außerordentlich zur Unterkühlung, wodurch die Eutekterscheinungen gar nicht zur Geltung kommen. Dagegen spielt das *Kristallisationsvermögen*, also die Tendenz eines Minerals, Kristalle zu bilden, eine bedeutsame Rolle. Ist das Kristallisationsvermögen groß, wie beim Magnetit, so bilden sich auch bei rascher Erstarrung Kristallausscheidungen, während bei kleinem Kristallisationsvermögen, wie es z. B. die Alkalifeldspäte besitzen, starke Neigung zur Unterkühlung und zu glasiger Erstarrung vorhanden ist. Infolgedessen können Orthoklas und Albit gewöhnlich aus trockenen Schmelzen überhaupt nicht kristallisiert erhalten werden, und erst nach Zusatz viskositätserniedrigender Substanzen, der „Mineralisatoren", gelingt dies. In den Silikatschmelzen scheint *elektrische Dissoziation* in ähnlicher Weise vorzukommen wie in wässrigen Lösungen, wie aus ihrer elektrischen Leitfähigkeit hervorgeht. Außerdem spielt in ihnen aber ein Zerfall ihrer Bestandteile in einfachere chemische Moleküle eine Rolle, so daß man bei rascher Abkühlung einfache Oxyde, wie Korund (Al_2O_3), Eisenglanz (Fe_2O_3), Magnetit (Fe_3O_4) usw. entstehen sieht, die man aus Silikatschmelzen zunächst nicht erwarten sollte.

Das Gesagte mag genügen, um zu zeigen, wie komplizierte Verhältnisse bei den Silikatschmelzen vorliegen, und daß wir noch weit davon entfernt sind, einen ähnlichen Einblick in die Mineralbildung aus ihnen zu gewinnen, wie dies bezüglich der Mineralien der Salzlagerstätten durch die Arbeiten *van t'Hoffs* möglich ist. Hatte man anfangs geglaubt, daß die Erfahrungen in den Gebieten niederer Temperaturen, auf die sich die bisherigen chemischen und physikalischen Untersuchungen fast ausschließich beziehen, ohne weiteres auf die Silikatschmelzen übertragbar seien, so hat sich dies als irrig erwiesen. Die Mineralogen konnten sich hier wenig oder nicht auf Vorarbeiten stützen, und sie wurden daher vielfach selbst zu Chemikern und Physikern, um die bestehende Lücke zu füllen. Im großartigen Maßstabe werden gegenwärtig derartige Untersuchungen im Carnegie-Institut für Geophysik in Washington vorgenommen. Aber auch eine ganze Reihe deutscher und österreichischer Forscher arbeiten in dieser Richtung, und gewiß sind hier noch viele wichtige und überraschende Ergebnisse zu erwarten.

Neuere Untersuchungen über das Sehorgan.

Von Dr. V. Franz, Leipzig.

Das verflossene Jahr ist an wichtigen Untersuchungen über das Sehorgan außerordentlich reich gewesen, wie der nachfolgende Bericht, der sich im wesentlichen, doch nicht pedantisch auf die Wirbeltiere beschränken soll, zeigen wird. Spätere Berichte, welche über weitere Fortschritte in der Forschung Auskunft geben sollen, werden auch die Wirbellosen ausgiebiger berücksichtigen.

Um nach guter alter Art mit der *Morphologie* anzufangen, seien zunächst *Studničkas* Untersuchungen[1]) über die Augen von Ammocoetes erwähnt, in welchen die Entwickelung dieser Organe auf sehr frühen Stadien, nämlich von 8 mm Tierlänge an, genauer als je bisher dargestellt wird. Hier wird u. a. gezeigt, daß die Umbildung der Augenblase zum Augenbecher bei diesem Tier eigentlich keine Einstülpung ist, sondern ein Vorwachsen der Randpartien, die sich eben zu den Becherrändern erheben. Ein besonderer Grund, die Studničkasche Arbeit hier zu erwähnen, liegt ferner darin, daß der Autor seine Befunde *phylogenetisch* verwertet, indem er in den Ammocoetesaugen nicht so sehr degenerierte als vielmehr wirklich primitive Wirbeltieraugen erblicken möchte, Richtungsaugen, welche gewissermaßen noch das phylogenetische Stadium der primären Augenblase mit der vor ihr liegenden, dioptrisch noch unwirksamen Linsenplakode repräsentieren. Noch ein weiteres, sehr beachtenswertes Moment liegt in den Studničkaschen Darlegungen zur Phylogenese des Sehorgans: die Einschränkung der Boverischen Ableitung des Wirbeltierauges vom neuralen Sehorgan des Lanzettfisches auf ein richtiges Maß: im Hinblick auf die in letzterer Zeit zahlreicher bekannt gewordenen Ependymsinnesorgane ist nämlich die Lichtempfindlichkeit gewisser Ependymzellen nicht mehr in solchem Maße etwas Besonderes, daß man die Sehzellen des Amphioxus als Ahnenstufen der Stäbchen und Zapfen sonstiger Wirbeltiere betrachten müsse, sondern es müssen vielmehr jene als in eigener Art hochspezialisierte Gebilde betrachtet werden (wie wohl überhaupt sehr vieles an dem ganzen Amphioxus. Ref.). In jedem Falle sind die Studničkaschen Darlegungen zur Phylogenese des Wirbeltierauges viel gediegener als diejenigen *Buxtons*, welcher, indem er die fossilen Ostracodermen, die ältesten uns bekannten Wirbeltiere, für die wirklich ursprünglichsten uns bekannten Wirbeltiere ausgibt, es fertig bringt, den Zustand des invertierten Auges beim Wirbeltier in ähnlicher Weise abzuleiten, wie es bei Spinnen möglich ist[2]). Von allgemeineren Untersuchungen erwähnen wir noch diejenige von *Franz* über den *Glaskörper*[1]), in welcher darauf hingewiesen wird, daß man den Glaskörper als stark gewucherte Basalmembran der Retina betrachten könne, als Höhle des Augenbechers demnach den erst innerhalb des Glaskörpers liegenden Raum anzusehen habe, welcher bei persistierender Netzhautspalte im Fischauge als *Glaskörperspalte* deutlich auffindbar ist, weiterhin aber in verschiedenen Tierklassen als *Glaskörpertrichter* oder Glaskörperkanal wiederkehrt.

Von spezielleren morphologischen Befunden erwähnen wir im Anschluß an die Darlegungen von *Heß* in *Wintersteins* Handbuch der vergleichenden Physiologie[2]) z. B. den Fund, daß bei Periophthalmus, dem einzigen ans Land gehenden Fische, der wohlbekannte Linsenmuskel der Fische infolge ungewöhnlicher Anordnung die Linse von der Netzhaut fortzieht (Akkomodation auf die Nähe, wie sonst z. B. bei Reptilien). Im Reptilienauge fand *Heß* einen eigenartigen „Transversalmuskel" im Ciliarkörper, welcher seiner Lage nach dem schon bekannten Linsenmuskel der Urodelen hochgradig gleicht. Im Vogelauge ist eine interessante Eigentümlichkeit ein Rudiment der fötalen Augenspalte im Ciliarkörpergebiet, und während man bisher dieses morphologische Rudiment auch in physiologischer Hinsicht als funktionslos ansah, nimmt es *Heß* nach seinen Ergebnissen als eine Kommunikation zwischen vorderer und hinterer Augenkammer in Anspruch. Das Auge der als „Teleskopen" bekannten Goldfischvarietäten wurde von *Hirsch*[3]) untersucht, welcher im Gegensatz zu *Tornier* die gewebliche Differenzierung aller Teile vollkommen normal fand, nur waren vordere und hintere Augenkammer stark vergrößert, die Linse also im Verhältnis zum Auge viel zu klein. Die Befunde am Auge wie auch am Zentralnervensystem lassen die Torniersche Annahme, daß die ganzen Mißbildungen der Goldfischvarietäten ihre letzte Ursache in einer frühzeitigen Vorquellung haben, als berechtigt erscheinen. Über die Morphologie des Vogelauges liegen eine Reihe von Untersuchungen vor. *Wychgram*[4]), *Ischreyt*[5]) und *Leplat*[6]) erkennen übereinstimmend dem mächtig entwickelten Ligamentum pectinatum der Vögel, die letzteren beiden Autoren auch (wohl irrigerweise) der Zweiheit von Müllerschem und Brückeschem Muskel die wirkliche Existenz gegen *Franz* zu. *Ischreyt* stellt recht interessante Beziehungen zwischen dem Bau des Auges und der

[1]) *Studnička, K. F.*, Über die Entwickelung und Bedeutung der Seitenaugen von Ammocoetes. Anatom. Anzeiger, Band *41*, S. 561—578.

[2]) *Buxton, P. H.*, The Origin of the Vertebrate Eye. Archiv für vergleichende Ophthalmologie, Bd. *2*, 1912, S. 405—423. Mit 11 Tafeln und 12 Textfig.

[1]) *Franz, V.*, Histogenetische Theorie des Glaskörpers. Archiv für vergleichende Ophthalmologie, Bd. *3*, S. 217—226.

[2]) *Heß, C.*, Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes. Jena, G. Fischer, 1912.

[3]) *Hirsch, Jul.*, Über das Gehirn, Rückenmark und Augen der Varietäten des Goldfisches (Carassius auratus). Archiv für Entwickelungsmechanik, Band *35*, S. 56—63.

[4]) *Wychgram, E.*, Über das Ligamentum pectinatum im Vogelauge. Archiv für vergleichende Ophthalmologie, Bd. *3*, S. 22—29.

[5]) *Ischreyt, G.*, Zur vergleichenden Morphologie des Entenauges. Ebenda S. 39—76.

[6]) *Leplat, G.*, Recherches sur le développement et la structure de la membrane vasculaire de l'oeil des oiseaux. Archive de Biologie, Tome *XXVII*, p. 403—524.

Ausbildung des Tauchvermögens bei Entenvögeln und beim Sägetaucher fest. Wir können hier die zunehmend deutlicher werdenden Anpassungen an die Funktion des Tauchens im einzelnen nicht aufführen, erwähnen aber, daß der Sägetaucher in seiner Nickhaut ein durchsichtiges Fenster hat, daß er also auch bei geschlossener Nickhaut ungehindert sehen kann. Aus einer Untersuchung von *Franz*[1]) über Säugeraugen sei hier einiges hervorgehoben, z. B. daß die Form der Pupille (kreisförmig oder elliptisch) im allgemeinen die Gestalt des Augapfels verstärkt wiedergibt, daß ferner der Unterschied zwischen langen und kurzen Augen wohl richtiger als ein solcher zwischen schmalen und breiten Augen aufgefaßt werden müßte (Extreme etwa: Raubtiere und Huftiere) und daß die Dicke der Sclera oft in keinem rechten Verhältnis zur absoluten Größe des Augapfels steht, weil sie nämlich gerade bei relativ kleinen Augen in der Regel relativ erheblich wird, als ob bei reichlicher vorhandenem Raume in der Augenhöhle sie sich eine mächtigere Entwicklung gestatten könne. Für letzteres finden sich übrigens auch Beispiele aus den Amphibien und Fischen.

Aus der *Physiologie* des Auges erwähnten wir schon einiges in Anlehnung an *Heß*. Wir unterlassen nicht, hier die Ergebnisse der sehr ertragreichen Heßschen Untersuchungen über die *Akkommodation* der Wirbeltiere und Cephalopoden mit den eigenen Worten des Verfassers anzuführen:

„Die charakteristischen Eigentümlichkeiten des Akkomodationsmechanismus bei den verschiedenen Tierklassen lassen sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

Bei den meisten Fischen erfolgt negative Akkommodation für die Ferne dadurch, daß die in ihrer Form unveränderte Linse durch Kontraktion des Retractor lentis der Netzhaut genähert wird. Der Augendruck ändert sich dabei nicht. Teleosteer, die vorwiegend in Luft sehen (Periophthalmus), zeigen positive Akkomodation für die Nähe durch Entfernen der Linse von der Netzhaut.

Bei den Amphibien erfolgt positive Akkomodation für die Nähe dadurch, daß die in ihrer Form unveränderte Linse durch Kontraktion eines bezw. zweier Muskeln (ersteres bei den Urodelen, letzteres bei den Anuren) von der Netzhaut entfernt wird. Auch hierbei wird der Augendruck nicht geändert.

Bei den Sauropsiden erfolgt aktive Naheeinstellung dadurch, daß die Linsenvorderfläche in der Umgebung des vorderen Poles stärker gewölbt wird; diese Wölbungsvermehrung kommt im wesentlichen durch Druck der Binnenmuskeln auf die peripheren Teile der Linsenvorderfläche zustande. Der Augendruck nimmt dabei zu, doch ist das Zustandekommen der Akkomodation von dieser Druckänderung im wesentlichen unabhängig.

Bei den Säugern erfolgt aktive Naheeinstellung dadurch, daß die Linsenvorderfläche stärker gewölbt wird; die Wölbungsvermehrung erfolgt hier durch akkommodative Entspannung der im Ruhezustande gespannten Zonulafasern; der Augendruck wird dabei nicht geändert.

Bei den Cephalopoden erfolgt aktive Naheeinstellung dadurch, daß die in ihrer Form unveränderte Linse durch die akkommodative Zunahme des intraokularen Druckes bei sehr weichen Augenhüllen von der Netzhaut entfernt wird. Das Zustandekommen der akkommodativen Einstellungsänderung ist hier von der Druckerhöhung abhängig."

Weiterhin erwähnen wir im Anschluß an *Heß* dessen Ergebnisse über den *Farbensinn* der verschiedenen Tiere:

„Auf Grund meiner Beobachtungen, die sich bisher auf Vertreter aller Wirbeltierklassen und über 20 Arten von Wirbellosen erstrecken, lassen sich sämtliche untersuchten Tierarten hinsichtlich ihres Lichtsinnes in zwei große Gruppen teilen: Die erste umfaßt Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger, die zweite die Fische und alle bisher von mir untersuchten Wirbellosen. Die der ersten Gruppe angehörenden Tiere verhielten sich bei allen unseren Versuchen so, wie es der Fall sein muß, wenn ihre Sehqualitäten ähnliche oder die gleichen sind, wie jene des normalen Menschen. Die der zweiten angehörenden Tiere, also die Fische und Wirbellosen, verhielten sich so, wie es der Fall sein muß, wenn ihre Sehqualitäten ähnliche oder die gleichen sind, wie jene des total farbenblinden Menschen."

Hierbei ist jedoch daran zu erinnern, daß die Heßsche neue Lehre von der Farbenblindheit aller Wirbellosen und kaltblütigen Wirbeltiere von Anfang an bis jetzt noch auf lebhaften Widerstand stößt namentlich bei *v. Frisch*, der auf Grund doch wohl überzeugender Experimente bei Fischen, neuerdings auch bei Insekten (Bienen) das Vermögen, Farben zu erkennen, nachweist[1]). — Aus der *Dioptrik* des Sehorgans sei im Anschluß an *Heß* erwähnt, daß mehrere Befunde über eine ungleichmäßige Zunahme des Brechungsindex nach dem Zentrum der Augenlinse hin den so klaren mathematischen Anschauungen *Matthiessens* scheinen Abbruch tun zu wollen, doch ist wohl noch nicht klar ersichtlich, ob es sich um unwesentliche oder um wesentliche Modifikationen der Matthiessenschen Darlegungen handelt.

Aus der *Entwicklungsgeschichte* des Auges ist ein besonders erwähnenswerter Befund derjenige von *Leplat*, daß die Ciliarmuskulatur der Vögel, wie jetzt wohl endlich einmal klar bewiesen wird, im Gegensatz zu aller sonstigen intraokularen Muskulatur (die bekanntlich in höchst merkwürdiger Weise vom Ektoderm der Gehirnanlage abstammt) vom mittleren Keimblatt, dem Mesoderm, bezw. dem Mesenchym gebildet wird. Weniger aufgeklärt als bisher scheint jedoch jetzt die Frage nach der Entstehung der Zonula zinnii nach den Untersuchungen

[1]) *Franz, V.*, Studien zur vergleichenden Anatomie der Augen der Säugetiere. Archiv für vergleichende Ophthalmologie, Bd. 2.

[1]) *v. Frisch, K.*, Über farbige Anpassung bei Fischen. Zoolog. Jahrbücher, Abt. f. allgem. Zoologie u. Physiol. d. Tiere, Bd. 32, S. 171—230. — Derselbe, Über Färbung und Farbensinn der Tiere. Sitzber. d. Ges. f. Morphologie und Physiologie in München 1912. — Derselbe, Über den Farbensinn der Bienen und die Blumenfarben. Ebenda, 1913.

von *Baldwin*[1]), welcher deren fast schon allgemein anerkannte ektodermale Herkunft bestreitet und ihre mesodermale Herkunft annimmt.

Interessanteres noch liegt aus dem Gebiete der *Entwicklungsphysiologie* des Auges vor. Hier gedenken wir zunächst der Erfolge *Pagenstechers*[2]) in experimenteller Erzeugung von Starbildungen durch Vergiftung mit Naphthalinverfütterung, ferner dürfen wir keineswegs die Zusammenfassung der Spemannschen Transplantationsversuche in zwei Arbeiten[3]) vergessen. Es zeigt sich jetzt beim Rückblick über die einschlägigen Untersuchungen, daß sich selbst nahverwandte Tierarten in ihren Entwicklungspotenzen verschieden verhalten können. Beim Wasserfrosch bildet sich die Linse aus eigener Kraft aus der Haut, und der transplantierte Augenbecher kann an ungewöhnlichen Hautstellen keine Linsenbildung veranlassen. Anders beim Grasfrosch, wo nur bei vorhandener Augenanlage infolge der von ihr ausgehenden spezifischen Reize die Haut zur Linsenbildung angeregt wird, aber eventuell auch an ungewöhnlichen Stellen (z. B. Bauchhaut), wenn man an solche die Linsenanlage unter die Haut transplantiert. — Transplantationsversuche beim Amphibienauge machte auch *Uhlenhut*[4]), welcher eine anfänglich zu beobachtende Degeneration des Auges auf Ernährungsstörungen, ein darauf folgendes Wachstum auf die Herstellung der Blutzirkulation zurückführt und auch mit Staunen sah, daß der auswachsende Nervus opticus in ein Rückenmarksganglion eindringen kann, anscheinend als wüßte er den Weg zum Zentralnervensystem zu finden. — Das Interessanteste aber, was je am Auge gefunden worden ist, scheint mir der neuerdings *Kammerer*[5]) gelungene Nachweis zu sein, daß das gänzlich rudimentäre Auge des blinden Olmes (Proteus) der Adelsberger Grotte zu voller Entwicklung zu einem normalen schönen Amphibienauge angeregt werden kann, wenn man das Tier von der Geburt ab im Tageslicht hält. An diese schöne Entdeckung könnten sich mancherlei Erwägungen über Vererbungstheorien, z. B. Vererbung erworbener Eigenschaften, auch über noch allgemeinere Dinge wie Mechanismus und Vitalismus knüpfen, doch ist dafür heute an dieser Stelle der Raum nicht vorhanden.

[1]) *Baldwin, W. M.*, Die Entwickelung der Fasern der Zonula Zinnii im Auge der weißen Maus nach der Geburt. 2 Taf. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. *80*, H. 2.

[2]) *Pagenstecher, H. E.*, Experimentelle Studien über die Entstehung von angeborenen Staren und Mißbildungen bei Säugetieren. Archiv für vergleichende Ophthalmologie, Bd. *2*, S. 425—493.

[3]) *Spemann, H.*, Zur Entwicklung des Wirbeltierauges. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für allgemeine Zoologie, Bd. *32*, S. 1—98. — Derselbe, Über Entwickelung umgedrehter Hirnteile bei Ampibienembryonen. Zoolog. Jahrbücher Suppl. 14, Bd. *3*, S. 1—48.

[4]) *Uhlenhut, E.*, Die Transplantation des Amphibienauges. Archiv für Entwickelungsmechanik, Bd. *33*, 1912, S. 723—747.

[5]) *Kammerer, P.*, Experimente über Fortpflanzung, Farbe, Augen und Körperreduktion bei Proteus anguinus Laur. Archiv für Entwickelungsmechanik, Bd. *33*, S. 349—461.

Die Elektrizitätsträger der atmosphärischen Luft.

Von Dr. K. Kähler, Potsdam.

Die beiden Wolfenbütteler Physiker *Elster* und *Geitel* haben im Jahre 1899 die Fähigkeit der uns umgebenden Luft, elektrische Körper zu entladen, dadurch erklärt, daß sie in ihr kleine positiv und negativ geladene Teilchen annahmen, die sich ähnlich wie in der Elektrolyse im elektrischen Feld bewegen. Diese Vorstellung hat sich als ungemein fruchtbar erwiesen und nicht wenig zu dem großen Aufschwung beigetragen, den die Luftelektrizität seitdem genommen hat. *Elster* und *Geitel* nannten die kleinen elektrischen Teilchen der Luft „Ionen". Da aber die Analogie mit der Elektrolyse nicht in allen Punkten zutrifft, tut man besser daran, sie nach dem Vorbilde englischer Physiker als „Elektrizitätsträger" oder kurz „Träger" zu bezeichnen; Träger deswegen, weil sie offenbar nicht als reine Elektrizität wie in den Quanten der Kathodenstrahlen in der Atmosphäre sind, sondern an etwas Körperliches gebunden, das die Elektrizitätsladung trägt. Man nimmt im allgemeinen an, daß jeder Träger mit einem konstanten Elementarquantum geladen sei. Vereinzelt hat man allerdings in Laboratoriumsversuchen schon doppelte Ladungen nachgewiesen. Auch ein Wechseln der Ladung, etwa zwischen unelektrischem Zustand und positiver Ladung, ist vielleicht nicht ganz von der Hand zu weisen. Doch soll hier von solchen Ausnahmen abgesehen werden.

Die Größe des Elementarquantums oder die spezifische Ladung ε eines jeden Elektrizitätsträgers ist mehrfach durch Laboratoriumsversuche *J. J. Thomsons* bestimmt worden. Die Methode beruht auf der Entdeckung *C. T. R. Wilsons*, daß die elektrischen Teilchen bei starker Übersättigung als Kondensationskerne dienen, wenn kein Staub in der Luft vorhanden ist. Bei diesem Verdichten des Wasserdampfes wird jeder Träger Kern eines Tröpfchens. Die Tröpfchen sind sichtbar; sie können gezählt werden, und die Ladung, die eine Anzahl von ihnen trägt, kann durch Ausschlag eines empfindlichen Elektrometers, am besten durch eines vom *Dolezalek*-Typ, gemessen werden. Als künstliche Ionisierungsquelle benutzte *J. J. Thomson* zuerst Röntgen-, später Radiumstrahlen. Anfangs (1898) fand er so $\varepsilon = 6 \cdot 6 \times 10^{-10}$ Elektrostatische Einheiten, 1901 $\varepsilon = 3 \cdot 4 \times 10^{-10}$, eine Zahl, die den meisten Berechnungen bis 1911 zugrunde gelegt wurde. Eine neuere genauere Messungsreihe von *Millikan* lieferte für ε den Wert $4 \cdot 9 \times 10^{-10}$ E. S. E.

Wenn ein Elektrizitätsträger in ein künstliches elektrisches Feld gebracht wird, dann wird er die Kraftlinien entlang wandern. Die Geschwindigkeit, mit der das geschieht, ist der Feldstärke proportional. Bei konstanter Potentialdifferenz ist sie aber bei verschiedenen Trägern verschieden; d. h. jedem Träger kommt eine bestimmte Wanderungsgeschwindigkeit v zu. Sie zu messen, ist deshalb sehr wichtig, weil sie Schlüsse gestattet

auf die Masse und damit auf die Zusammensetzung der Träger. Die praktische Einheit für v hat man folgendermaßen definiert: Ein Träger hat die Wanderungsgeschwindigkeit 1, wenn er sich in der Sekunde 1 cm in einem Feld von 1 Volt/cm bewegt. Zur Messung der Wanderungsgeschwindigkeit kann man entweder einen Plattenkondensator *(Zeleny* 1898) oder einen Zylinderkondensator *(Kähler* 1903) benutzen. Beim ersteren trifft man am besten die Versuchsanordnung so, daß man die-

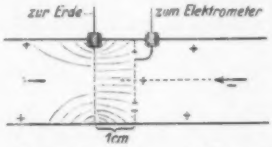

Fig. 1. Plattenkondensator (Netzkondensator).

jenige Feldstärke bestimmt, die gerade nötig ist, um die Träger gegen einen Luftstrom zu treiben, der sich mit bekannter Geschwindigkeit parallel zu den Kraftlinien bewegt. Man erkennt das daran, daß der Ausschlag an einem quer zur Strömung stehenden, mit einem Elektrometer verbundenen Netz Null wird. Als Beispiel hierfür diene die Figur 1. Das Feld wird gebildet durch zwei runde Metallnetze, die sich in 1 cm Abstand von einander in einem Metallrohr befinden. Weil am Rande die Kraftlinien nicht mehr parallel zur derjenigen Spannung und der dazu gehörigen Aspirationsgeschwindigkeit, bei welcher alle Träger eines Vorzeichens im Kondensator verbleiben, läßt sich auch hier die Wanderungsgeschwindigkeit der Träger berechnen. Einfachstes Beispiel für einen Zylinderkondensator ist Figur 2 a, bei welcher positive Ladung der Außenröhre und Verbindung der Innenachse mit dem Elektrometer angenommen ist. Die Bahn der positiven Träger ist in Figur 2 b punktiert gezeichnet. Es besteht jedoch noch eine große Störung der Kraftlinien an der Stelle, wo die Achse durch die Wand geführt ist. Das wird vermieden bei der Form, die *A. Becker* (1909) dem Kondensator gab (Figur 3). Beim Eintritt des Luftstroms wird die Wirbelbildung verhindert und ein gleichmäßiger Kraftlinienverlauf erreicht durch eine Erweiterung der Röhre, am Ende des Kondensators dadurch, daß die Achse in einen mit Metall überzogenen Isolator gebettet ist. Das wirksame Stück der Achse ist verdickt gezeichnet, die positiven Trägerbahnen für den Grenzfall sind wieder punktiert.

Bei den vielen Bestimmungen, die nach diesen Methoden im Laboratorium in Luft und anderen Gasen ausgeführt wurden, ist als ein allgemeines Gesetz gefunden worden, daß die Geschwindigkeit der negativen Träger stets größer ist als die der positiven. Die Zahlen für die Wanderungsgeschwindigkeit wechseln je nach der Erzeugung der Träger; doch hat man am häufigsten die Geschwindigkeiten $v = 1$ bis 4 cm/sec für 1 Volt/cm gefunden. So

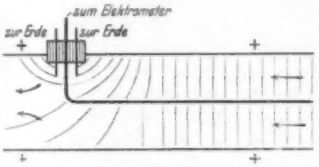

Fig. 2a. Zylinderkondensator mit Kraftlinienverlauf.

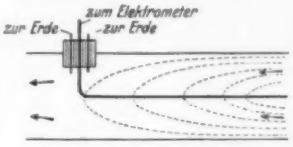

Fig. 2b. Zylinderkondensator mit Trägerbahnen.

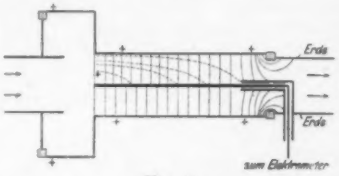

Fig. 3. Zylinderkondensator nach Becker.

Röhrenachse verlaufen, ist aus dem einen Netz das Mittelstück herausgeschnitten worden und allein mit dem Elektrometer verbunden (Prinzip des Thomsonschen Schutzrings). In Figur 1 ist angenommen worden, daß die Metallröhre, das Elektrometernetz nebst Schutzring positiv aufgeladen sind, während das zweite (linke) Netz zur Erde geleitet ist. Man sieht, daß ein negativer Träger, der von rechts in das Feld gerät, gegen den Luftstrom zum Elektrometernetz zurückwandern muß. Bleibt beim Steigern der Strömungsgeschwindigkeit der Ausschlag im Elektrometer aus, dann ist die Wanderungsgeschwindigkeit der negativen Träger gleich dem Luftstrom, dividiert durch die angelegte Spannung.

Im Gegensatz zu den geradlinigen Trägerbahnen im Plattenkondensator sind die im Zylinderkondensator Parabeln, welche für die eine Trägersorte auf der Achse, für die andere an der Röhrenwand endigen. Mit Hilfe erhielt *Lenard* (1900) für die negativen durch das ultraviolette Licht in Luft entstandenen Träger $v = 3$ cm/sec für ein Volt/cm. Auch die zahlreichen mit einem Zylinderkondensator (Zusatzkondensator zum Ebertschen Apparat) in der Atmosphäre ausgeführten Messungen des v liegen meistens bei etwa 1 cm/sec. Die zu dieser Beweglichkeit gehörige Masse ist, wie aus einer von *Lenard* ausgeführten Rechnung hervorgeht, ungefähr gleich dem eines Luftmoleküls. Wenn Moleküle wie Träger als gleich große Kugeln angenommen werden, so ergibt sich aus einem $v = 1$ bis 2 cm/sec beim Zusammenstoß eines Trägers mit einem neutralen Molekül die Radiensumme zu $0{,}6 \times 10^{-8}$ mm, d. h. in der Tat etwa gleich dem Doppelten eines Molekülradius. Den genauen Radius erhält man bei einem v von 10 bis 12 cm/sec für 1 Volt/cm. Diese Wanderungsgeschwindigkeit hat nun 1912 *Altberg* in der Tat gefunden bei den ganz frisch erzeugten negativen

Trägern der Wasserfallelektrizität. Er benutzte diese Geschwindigkeitsmessungen sogar dazu, um den Durchmesser der Luftmoleküle zu berechnen und fand so dieselben Werte, als wenn man sie aus der inneren Reibung oder der Dichte im flüssigen Zustand bestimmt. Die schnellsten positiven Träger hatten ein v von 7 bis 8 cm/sec für 1 Volt/cm. Man kann also nicht bezweifeln, daß die Luftmoleküle die Träger der elektrischen Ladung sind. Die Abnahme der Wanderungsgeschwindigkeit bei den frisch erzeugten Trägern wird man sich so erklären, daß ein neutrales Molekül in den Bereich des elektrischen gelangt und festgehalten wird. Das setzt sich fort, bis bei 1 bis 3 cm/sec ein stabilerer Zustand erreicht zu sein scheint.

Die Entstehungsweise der Träger bei der Wasserfallelektrizität, die ja auch in der Natur stets erzeugt werden, ist nach *Lenard* in dem Zerreißen einer elektrischen Doppelschicht zwischen Wasser und Luft beim Aufprallen zu suchen. Die Hauptmenge der in der Atmosphäre enthaltenen Träger entsteht jedoch durch die radioaktiven Körper der Erde und Luft, sowie in den oberen Luftschichten durch das ultraviolette Sonnenlicht. Hier ist der Vorgang, wie *Lenard* 1903 zuerst bei den Kathodenstrahlen zeigte, folgendermaßen: Durch die Wirkung der Kathodenstrahlen, beim ultravioletten Licht durch die Absorption der Lichtenergie, tritt aus einem Luftmolekül ein negatives Elementarquantum (Elektron) aus, so daß der Rest als positiver Träger zurückbleibt. Das negative Elektron lagert sich ebenfalls bald an ein neutrales Luftmolekül. Daher die molekularen Größen der Wanderungsgeschwindigkeiten. Sind die Geschwindigkeiten wesentlich größer als dem Molekül entspricht, so hat man freie Elektronen, sind sie kleiner, so muß man Molekülkomplexe als Träger annehmen.

Weitere Laboratoriumsuntersuchungen haben in der Tat gezeigt, daß die Träger oft recht groß sein können. So fand schon 1900 *Lenard* für die positiven Träger, die durch das ultraviolette Licht in Luft erzeugt werden, die Wanderungsgeschwindigkeit 0,002 cm/sec für 1 Volt/cm. Bei der durch die Wasserfälle (Kochsalzlösung, in der Natur verwirklicht beim Meereswasser) elektrisierten Luft erhielt 1903 *Kähler* sogar nur 0,0008 cm/sec für die positiven Träger. *Aselmann* zeigte 1906, wie mannigfach die Geschwindigkeit dieser Träger sein kann, indem er bei den negativen Schwankungen von 4 bis 0,0003 cm/sec, bei den positiven von 0,08 bis 0,0003 cm/sec feststellte. Es war nach diesen Versuchen nicht daran zu zweifeln, daß die schwerbeweglichen Träger auch in der Atmosphäre vorhanden sein mußten. In der Tat sind sie darin 1905 von *Langevin* (am Eiffelturm) nachgewiesen worden. Nach ihm hat man sie vielfach im Gegensatz zu den leicht beweglichen Ionen „Langevinionen" genannt. Der Wanderungsgeschwindigkeit 0,0003 cm/sec entspricht nach der Lenardschen Rechnung ein Molekülkomplex von mehr als dem Hundertfachen des Luftmoleküldurchmessers. Man gelangt so auf die Größenordnung der kleinen Staub- und Wasserdampfteilchen. Die Annahme, daß vielfach die elektrischen Ladungen daran gelagert sind, ist also berechtigt. Von *Lenard* ist ferner gezeigt worden, daß durch ultraviolettes Licht in verdünnter Luft außer den leicht beweglichen Trägern auch Kondensationskerne erzeugt werden, und zwar durch chemische Vorgänge. Vermeidet man das Zustandekommen dieser Kerne, so bilden sich nur leichtbewegliche Träger, die sich nicht in schwerbewegliche umwandeln, sondern nur durch Diffusion altern. Dadurch scheint also erwiesen, daß die schwerbeweglichen Träger durch Anlagern der leichtbeweglichen an die Kondensationskerne zustandekommen.

Nach *Langevin* sind in der Atmosphäre Übergangsgeschwindigkeiten zwischen den leicht- und schwerbeweglichen Trägern nicht vorhanden. Dem widersprechen aber die Aselmannschen Versuche. Im Jahre 1909 fand *Pollock* in Sydney in der Tat auch Träger mittlerer Beweglichkeit in der Luft mit einem v von etwa 0,01 cm/sec für 1 Volt/cm. Diese

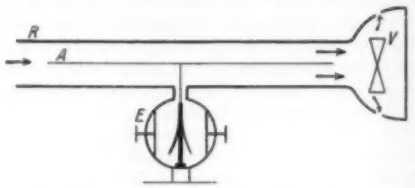

Fig. 4. Skizze des Ebertschen Aspirationsapparats.

interessanten Untersuchungen sind bisher nicht wiederholt worden. *Pollock* glaubt, daß die Träger mittlerer Beweglichkeit eine Zwischenstufe vom leicht- zum schwerbeweglichen darstellen, entstanden durch das allmähliche Anlagern des Wasserdampfs an die leichtbeweglichen. Diese Vorstellung wird gestützt durch Versuche, welche die Abhängigkeit der Wanderungsgeschwindigkeit von der absoluten Feuchtigkeit beweisen. Wenn die elektrisierte Luft über ein Trockenmittel geleitet wurde, dann nahmen die schwerbeweglichen Träger etwa um die Hälfte ab. Bei der absoluten Feuchtigkeit 2,4 gr im m^3 war die Beweglichkeit doppelt so groß als bei 15,4 gr im m^3. *Pollock* fand ferner, daß die Wanderungsgeschwindigkeit mit wachsender Temperatur zunimmt. Er erklärt dies daraus, daß sich bei steigender Temperatur allmählich Moleküle vom Träger loslösen.

Um die Anzahl n der (leichtbeweglichen) Träger zu bestimmen, konstruierte *Ebert* bereits 1901 seinen Aspirationsapparat („Ionenzähler"), der allerdings nicht n, sondern die Größe $E = n \cdot \varepsilon$, oft „Ionendichte" genannt, mißt. n läßt sich dann aber mit Hilfe der Millikanschen Zahl berechnen. Der Ebertsche Apparat (Figur 4) ist ein Zylinderkondensator, dessen innere Achse A mit einem Elektroskop oder Elektrometer E verbunden und auf etwa 200 Volt geladen wird. An dem einen Ende des Zylinderrohrs R ist ein Ventilator V eingebaut, der durch einen Aspirator getrieben werden kann und eine bekannte Luftmenge durch das Rohr saugt. Aus dem Spannungsabfall des Elektrometers läßt

sich E_+ und E_- und daraus n_+ und n_-, die Anzahl der positiven und negativen Träger, bestimmen. Aus der angewandten kleinen Spannung folgt, daß der Apparat nur die leichtbeweglichen Ladungen zählt. Von den schwerbeweglichen gelangt nur derjenige Teil an die Achse, der in ihrer Nachbarschaft in den Kondensator tritt. Durch diese sich ebenfalls entladenden Träger wird also die Anzahl n zu groß ausfallen. Dieser Fehler wird vor allem dann nicht zu vernachlässigen sein, wenn Träger von mittlerer Beweglichkeit vorhanden sind. Registrierungen mit dem Ebertschen Apparat, die ja an und für sich keine erheblichen Schwierigkeiten bieten, liegen bisher so gut wie nicht vor. Immerhin sind seit 10 Jahren so viel Messungen ausgeführt worden, daß man sich von der Menge der leichtbeweglichen Träger in der Atmosphäre einen ungefähren Begriff machen kann. E_+ und E_- ist in der norddeutschen Tiefebene etwa gleich 0,2 bis 0,4 E(lektro) S(tatische) E(inheiten) im m³, n_+ und n_- also gleich 400 bis 800 im cm³. Die Anzahl der positiven überwiegt die Anzahl der negativen im Mittel um 10 %; auch bei den Einzelmessungen ergibt sich fast stets ein Überschuß der positiven leichtbeweglichen Träger. Auf dem Ozean wird E und n meistens etwas kleiner. Der positive Überschuß erhöht sich aber. Oft sind mehr als doppelt soviel positive als negative in der Luft. Die Erklärung ist wohl in der Elektrisierung durch das Meereswasser zu suchen, die ja vor allem positive Träger schafft. Dazu kommt vielleicht noch eine stärkere Adsorption der stärker beweglichen negativen Träger an Wasserdampf und -tröpfchen. Die höchsten Werte des E findet man auf den Bergspitzen, in den Alpen im Mittel 0,2 bis 0,8; in den bolivischen Anden ergab sich in 5000 m Höhe der Wert 1,1, d. h. n ist dort etwa gleich 2000 im cm³. Während also der Staubgehalt mit wachsender Höhe abnimmt, nimmt die Zahl der leichtbeweglichen Elektrizitätsträger zu. Der jährliche und tägliche Gang des n ist ähnlich wie beim gesamten elektrischen Leitvermögen der Luft ($\lambda = \varepsilon . n . v$). n ist größer im Sommer als im Winter, in den ersten Stunden nach Mitternacht meistens größer als in den Tagesstunden. Auch die Beziehung zu den meteorologischen Faktoren ist ganz ähnlich wie bei der Leitfähigkeit. Es ist das ein Beweis dafür, daß vor allem die leichtbeweglichen Elektrizitätsträger das Leitvermögen der Luft beeinflussen. Bei Nebel und starkem Dunst ist n am kleinsten. Es besteht eine direkte Beziehung zwischen der relativen Feuchtigkeit und n, vor allem bei hoher Feuchtigkeit tritt die Abnahme von n deutlich hervor. Die stärksten Schwankungen zeigt E und n bei Böen und Gewittern. Dann kann E auch in der Ebene den Wert 1,0 überschreiten. Auf den Berggipfeln sind Staubgehalt der Luft und n einander umgekehrt proportional. Daraus geht also wieder hervor, daß sich die leichtbeweglichen Träger an den Staub lagern. Da der Staubgehalt auf Bergen sein Maximum gegen 2 Uhr mittags, sein Minimum frühmorgens hat, muß sich für den täglichen Gang des n genau das Umgekehrte ergeben.

Die Anzahl der schwerbeweglichen Träger ist viel größer als die der leichtbeweglichen. Trotzdem sind jene wegen ihrer Trägheit viel unwirksamer als diese. *Langevin* fand auf dem Eiffelturm 50mal soviele schwer- als leichtbewegliche. *Pollock* gibt für Sydney die Zahl der leichtbeweglichen nur auf etwa 40 im cm³ an ($n_+ = 30$, $n_- = 38$), so daß also auch das elektrische Leitvermögen der Luft nur etwa ein Zehntel des sonst gefundenen war. Bei den schwerbeweglichen ergab sich $n_+ = 1900$, $n_- = 2200$ im cm³. (Der Staubgehalt ist etwa 5000—15 000 im cm³.) Hier überwiegen also im Gegensatz zu den leichtbeweglichen die negativen Träger. Die Anzahl der Ladungen mittlerer Beweglichkeit war etwa 200 bis 1000 im cm³. Gerade über diesen Gegenstand ist unsere Kenntnis bisher noch recht unvollkommen, so daß weitere Untersuchungen dringend nötig sind. Auch über die Schwankung der Wanderungsgeschwindigkeiten in atmosphärischer Luft im Laufe des Jahres und Tages wissen wir nur sehr wenig. Anzunehmen ist aber, daß z. B. ein deutlicher täglicher Gang besteht, der wahrscheinlich ein Maximum der Beweglichkeit nachts, ein Minimum am Tage aufweisen wird. Auch die Unterschiede zwischen der positiven und negativen Beweglichkeit dürften oft recht erheblich sein.

Außer den gewöhnlichen positiven und negativen, leicht- und schwerbeweglichen Trägern sind nun aber noch andere in der Atmosphäre, die sich dadurch von ihnen unterscheiden, daß sie in der großen Mehrzahl positiv geladen und radioaktiv sind. Sie erzeugen also um sich herum ständig neue positive und negative Ladungen in der Luft. Ihre Entstehungsweise ist folgende: Die Verbindungen der radioaktiven Körper, vor allem die des Radiums und Thoriums — die des Aktiniums kommen wenig in Betracht —, senden eine gasförmige, unelektrische Substanz, die „Emanation", aus, die ebenfalls radioaktiv ist. Sie zerfällt weiter in feste radioaktive Körper, die sogenannten „Induktionen", die Radiumemanation beispielsweise zuerst in RaA, dieses weiter in RaB und RaC. Die Induktionen setzen sich an alle festen Gegenstände, in der Luft auch an Staub und Wasserdampf und bilden so ebenfalls schwerbewegliche Träger. Vor allem gehen sie an negativ geladene Drähte heran. Sie müssen also wenigstens zum großen Teil positivelektrisch sein. Daraus, daß man hohe negative Potentiale, 2000 bis 10 000 Volt, anwenden muß, um sie abzufangen, geht schon hervor, daß ihre Wanderungsgeschwindigkeit oft gering sein muß. *Gerdien* hat 1905 ihre Beweglichkeit bestimmt. Er benutzte einen großen Zylinderkondensator, durch den er mit wechselnder Geschwindigkeit die zu untersuchende atmosphärische Luft saugte. Die negativ geladene Achse war spiralförmig mit Papier umwunden. Dadurch wird erreicht, daß die radioaktiven Träger sich auf dem Papier niederschlagen, das nach der Exposition zerschnitten und stückweise mit einem empfindlichen Quadrantenelektrometer untersucht wurde. Die Leitfähigkeit, welche die Papierstreifen am Anfange der Achse bei geringem Potential nahe dem Eintritt der Luft verursachen, ergibt die Geschwindigkeit

der leichtbeweglichen Träger; die Aktivität der Papierstreifen am Ende der Röhre bei hohen Potentialen die Geschwindigkeit der schwersten Träger. Auf diese Weise stellte *Gerdien* bei den positiven Radiuminduktionen Wanderungsgeschwindigkeiten von 0,00001 bis zu 25 cm/sec für 1 Volt/cm fest. Am häufigsten waren die Geschwindigkeiten von 0,5 bis 1,8 cm; diese entsprechen also den leichtbeweglichen Trägern. Ein zweites Maximum findet sich bei 0,02 bis 0,2 cm, den gewöhnlichen Trägern mittlerer Beweglichkeit entsprechend. Die negativ geladenen Radiuminduktionen sind über 100mal kleiner an Zahl. Die positiven Thorinduktionen wiesen Wanderungsgeschwindigkeiten von 0,2 bis 15 cm auf. Die radioaktiven Träger sind bedeutend kleiner an Zahl wie die gewöhnlichen. Sie tragen deswegen direkt wenig zum Leitvermögen der Atmosphäre bei, indirekt aber um so mehr durch die ständig von ihnen erzeugten Träger.

Die Messungen der Wanderungsgeschwindigkeit haben gezeigt, wie mannigfaltig die Natur der in der Atmosphäre enthaltenen elektrischen Ladungen ist, und bestätigt, wie verwickelt die elektrischen Vorgänge in der uns umgebenden Luft sind. Es wird noch vieler Untersuchungen bedürfen, bis das Bild, das wir uns jetzt von diesen Vorgängen in groben Umrissen machen, einigermaßen vollkommen sein wird.

Zuschriften an die Herausgeber.

Drudes Optik und Relativitätstheorie.

Abschweifend vom Thema der Einwände gegen die Relativitätstheorie hat Herr *Born* auf S. 191 dieser Zeitschrift die von mir herausgegebene neue Auflage von *Drudes* Optik beanstandet, so daß ich zu meinem Bedauern genötigt bin, hier nochmals einige Worte zu sagen. Schon in der zweiten, von *Drude* selbst noch fertiggestellten Auflage wird kurz über die Relativitätstheorie berichtet, und zwar im Tone des Zweifels an der Richtigkeit dieser Theorie. Auch in persönlichen Unterhaltungen hat mir *Drude* mehrfach Bedenken gegen die Relativitätstheorie geäußert. Ich glaube daher in seinem Sinne gehandelt zu haben, wenn ich die betreffenden Stellen der Optik, wie es geschehen ist, moderner gestaltet habe.

Aus den sachlichen Bemerkungen von Herrn *Born* geht von neuem hervor, daß er die Einsteinsche und die Minkowskische Relativitätstheorie nicht voneinander trennt. Beide Theorien sind jedoch, wie nicht allgemein bekannt zu sein scheint, in ihren *Grundlagen* verschieden. In meinem Aufsatz auf S. 62 handelt es sich garnicht um die Minkowskische Theorie. Daher erübrigt es sich wohl, auf die Ausführungen von Herrn *Born* weiter einzugehen.

Berlin, 15. März 1913. *E. Gehrcke.*

Über die chemische Natur einiger kurzlebiger Radioelemente.

Vor kurzem hat *K. Fajans*[1]) eine Theorie entwickelt, nach der bei jeder α-Strahlen-Umwandlung das entstehende Element in die zweitniedrigere Gruppe derselben Horizontalreihe des periodischen Systems gehört als seine Muttersubstanz, während nach β-Strahlen-Umwandlungen ein Übergang in die nächste höhere Gruppe stattfindet. Auf Grund dieser Regeln wurde der chemische Charakter der damals noch nicht nach dieser Richtung untersuchten kurzlebigen Elemente gefolgert, und zwar sollten die A-Glieder der drei radioaktiven Reihen in die sechste (Tellur-) Gruppe gehören, die B-Glieder in die vierte (Blei-), die C_1 und das RaE in die fünfte (Wismut-) und die sich entsprechenden ActD, ThD und RaC_2 in die dritte (Thallium-) Gruppe gehören. Fast gleichzeitig publizierten auch *G. v. Hevesy*[1]) und *A. Russel*[2]) ähnliche Betrachtungen; auch sie nehmen Übergänge um zwei Gruppen bei α-Strahlen-Umwandlungen und um eine Gruppe bei β-Strahlen-Umwandlungen an; nach diesen Autoren sollen aber bei beiden Arten von Umwandlungen je nach dem Fall Übergänge sowohl zu höheren wie zu niedrigeren Gruppen möglich sein. Auf Grund dieser Annahmen ergaben sich für die chemische Natur der oben genannten kurzlebigen Elemente zum Teil andere Resultate als die erwähnten von *Fajans* erzielten. Die Entscheidung zwischen diesen Auffassungen war von großer Wichtigkeit für die Deutung des periodischen Systems, und wir hofften sie durch Versuche, die gleich nach Erzielung der theoretischen Resultate des einen von uns begonnen wurden, treffen zu können. Die Versuche hatten zum Zweck die Bestimmung der chemischen Natur der oben erwähnten Radioelemente und bestanden in der Prüfung, welche gewöhnlichen Elemente diese Radioelemente bei Fällungsreaktionen am weitgehendsten begleiten. Inzwischen hat *A. Fleck* die Resultate seiner Versuche mitgeteilt[3]) auf Grund deren die B-Glieder dem Blei und die C_1-Glieder und das RaE dem Wismut sehr weitgehend gleichen. Diese Resultate stehen in voller Übereinstimmung mit den obigen Schlüssen von *Fajans*, und wir können sie auf Grund unserer Versuche bestätigen. Außer diesen Elementen untersuchten wir noch das ActD und das RaA. Das ActD sollte nach *v. Hevesy* dem Wismut, nach *Russell* dem Blei und nach *Fajans* dem Thallium entsprechen. Unsere Versuche ergaben, daß es (also wohl auch das ThD und RaC_2) weder mit Blei, noch mit Wismut ausfällt und allen Reaktionen des Thalloions folgt. Das RaA wurde von *v. Hevesy* und *Russell* in die Quecksilbergruppe, von *Fajans* in die Tellurgruppe eingeordnet. Wir finden, daß es das Quecksilber, Wismut und Tellur bei Fällungsreaktionen begleitet. Würde es aber in die Quecksilber- oder Wismutgruppe gehören, so müßte ihm dieselbe Stelle im periodischen System zukommen, wie diesen Elementen, ähnlich wie dies von *Fajans* für RaD und Blei, oder Radiothorium und Thorium usw. angenommen wurde. Solche Elemente, denen eine gemeinsame Stelle im periodischen System zukommt, gleichen sich aber in ihrem chemischen Verhalten so weitgehend, daß es in den bis jetzt untersuchten Fällen nicht möglich war, sie voneinander zu trennen. Indessen gelingt es leicht, das RaA sowohl von Quecksilber wie von Wismut zu trennen. Wir glauben deshalb annehmen zu dürfen, daß das RaA dem Tellur am nächsten steht, daß also bei den α-Strahlen-Umwandlungen der Emanationen ein Übergang aus der nullten Gruppe in die sechste der nächsthöheren Horizontalreihe stattfindet. Daß das RaA auch von Tellur trennbar ist, steht nicht in Widerspruch mit dieser Annahme, da es mit ihm zwar in dieselbe Gruppe, aber in verschiedene Horizontalreihen, wie aus dem großen Unterschied ihrer Atomgewichte folgt, gehört. Zur endgültigen Entscheidung dieses Punktes sind weitere Versuche im Gange. Es erscheint uns aber schon jetzt für berechtigt, zu schließen, daß die Gruppenänderungen bei radio-

[1]) Physik. Zeitschr. *14*, 131, 1913. Ber. d. D. Chem. Ges. *46*, 422, 1913.

[1]) Ebenda, *14*, 49, 1913.
[2]) Chemical News, *107*, 49, 1913.
[3]) Chemical News, *107*, 68, 1913.

aktiven Umwandlungen eindeutig durch die Art der Umwandlung gegeben sind.

Karlsruhe i. B., 15. März 1913.
Physikalisch-Chemisches Institut
der Technischen Hochschule.

K. Fajans, P. Beer.

Über die komplexe Natur des UrX.

A. Russell und *K. Fajans* haben auf Grund der oben erwähnten Regeln gleichzeitig und unabhängig geschlossen, daß das UrX aus zwei sukzessiven Elementen (UrX_1 und UrX_2) bestehen muß. Die Versuche, die wir zur Prüfung dieses Schlusses angestellt haben, führten uns in der Tat zur Auffindung eines neuen Elementes (UrX_2) mit einer Halbwertzeit von ca. 1,1 Min., dem, wie es scheint, die harten β-Strahlen des UrX zukommen. Das UrX_2 scheidet sich aus einer schwach sauren Lösung des UrX auf Blei im Überschusse ab, und man bekommt so einen anfänglichen steilen Abfall der Aktivität. Unter Umständen, die an anderem Ort beschrieben werden, kann man auch das UrX_1 im Überschuß abscheiden, und der anfängliche Anstieg der Aktivität erfolgt mit der gleichen Periode, wie der auf Blei erhaltene Abfall. Es sind Versuche im Gange, um zu entscheiden, ob das neue Element in der Tat der Tantalgruppe gehört, wie es *Russell* und *Fajans* geschlossen haben.

Karlsruhe i. B., 15. März 1913.
Physikalisch-Chemisches Institut
der Technischen Hochschule.

K. Fajans, O. Göhring.

Besprechungen.

Matschoß, Conrad, Preußens Bergwirtschaft unter Friedrich dem Großen. Bergwirtschaftliche Mitteilungen. S. 219—272 Nov.-Dez. 1912.

Das Berg- und Hüttenwesen im 18. Jahrhundert läßt sich in seiner Bedeutung für die gesamte Staatswirtschaft auch nicht entfernt vergleichen mit seiner Stellung in unserer heutigen Zeit. Als Brennstoff herrschte das Holz noch fast unumschränkt. Nur hie und da wurde versucht, Steinkohle zu benutzen. Ebenso trat das Eisen als Baustoff gegenüber dem Holz noch vollständig zurück. Seine Verwendung aber zu Waffen und Werkzeugen machte die Fürsorge für die Entwicklung des Eisenhüttenwesens zu einer selbstverständlichen Pflicht jedes weitschauenden Fürsten. Auch Friedrich der Große hat sich zunächst mit Rücksicht auf die Landesverteidigung und aus dem Streben, sich nach jeder Richtung hin für die notwendigen Lebensbedürfnisse von Staat und Volk vom Auslande so weit als möglich freizumachen, mit großer Energie um das *Eisenhüttenwesen* seiner Länder gekümmert. Im Anfang des 18. Jahrhunderts wurden die Provinzen Pommern, Neumark und Kurmark von Schweden aus, Magdeburg und Halberstadt vom Harz aus mit Eisen so reichlich versehen, daß die preußischen Könige bald durch Einfuhrverbote ihre eigene Eisenindustrie zu schützen suchten, die auch durch die Einwanderung gewerbfleißiger Franzosen mancherlei Anregung erfahren hatte. So hatte der Franzose *Aureillon* 1698 die Erlaubnis erhalten, bei Neustadt-Eberswalde eine Eisenspalterei und einen Drahtzug anzulegen. Der Kurfürst unterstützte die Anlagen sehr beträchtlich. Schon 1742 war durch Kabinettsorder vom 24. September befohlen, zwei Hochöfen bei Alten-Schadow anzulegen. Aber mit der Ausführung dauerte es noch lange. Erst 11 Jahre später konnte der erste Ofen angeblasen werden. Sein Hauptaugenmerk richtete Friedrich II. auf Neustadt-Eberswalde, das ein Mittelpunkt der Eisenindustrie werden sollte. Das Messingwerk Eberswalde-Heegermühle — heute im Besitz von Aron Hirsch Sohn — kann seinen Ursprung bis auf die 1696 erbaute Messinghütte zurückführen. Auch dies Unternehmen ist zu des Königs Zeit durch Einfuhrverbote für Waren und Ausfuhrverbote für Messing und auch anderweitig sehr unterstützt worden. Kaum war Schlesien im Besitz des Königs, so versuchte er auch hier, Bergbau und Hüttenwesen, die sehr zurückgegangen waren, zu entwickeln. Noch unter seiner Regierung wurde der Grund gelegt zu der oberschlesischen Großindustrie, die um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts auf dem Kontinent an großzügiger technischer Entwicklung kaum ihresgleichen hatte. Besonders die Eisenindustrie war in Oberschlesien zurückgeblieben. 1721 wurde der erste Holzkohlen-Hochofen erbaut. Vorher hatte man auf den seit uralten Zeiten gebräuchlichen Luppenfeuern das Eisen hergestellt. Es wurde das heute noch im staatlichen Betriebe befindliche Eisenhüttenwerk Malapane begründet. Sein erster Hauptzweck sollte der sein, Munition für die schlesischen Festungen zu schaffen. Malapane entwickelte sich wirtschaftlich so günstig, daß man aus den Überschüssen 1775 auch in Jedlitze ein neues Werk erbauen konnte.

Eine größere Tätigkeit begann im schlesischen Bergbau erst nach dem Siebenjährigen Krieg. 1768 entschloß sich der König zu einer Neuordnung des gesamten Berg- und Hüttenwesens in seinen Landen. An seine Spitze trat am 7. April 1777 *von Heinitz*, einer der größten Förderer des Berg- und Hüttenwesens und der gesamten Industrie, die Deutschland je besessen hat. Als *Heinitz* seine Tätigkeit begann (1777), wurden in Schlesien 125 679 preuß. Tonnen Erz gefördert. Wichtig wurde die Verlegung der obersten schlesischen Bergbehörde nach Breslau 1779; *v. Reden* übernahm die Leitung des Oberbergamtes, wodurch einer der genialsten Fachmänner auf diesem Gebiete nun seine großzügige Tätigkeit für Schlesiens Industrie antrat. Graf *Reden* wird mit Recht als der Schöpfer der oberschlesischen Montanindustrie bezeichnet. Mit *Heinitz* begann auch die große Periode der Verstaatlichungen. Um 1778 hat der König die meisten wichtigen Werke selbst in Verwaltung genommen. Seit altersher hat auf dem Gebiet des Eisenhüttenwesens und in der Eisenverarbeitung die Grafschaft Mark eine hervorragende Stellung. Auch hier hat *Heinitz* unter dem großen König einen Aufschwung dadurch eingeleitet, daß er für gute Land- und Wasserstraßen, an denen es bis dahin gefehlt hatte, sorgte. Nachdem der König die einzelnen Gewerken im Mansfelder Kupferschieferbezirk 1768 abgefunden hatte, setzte er mit steigendem Erfolg den Betrieb auf seine Rechnung fort. Auch der gesamte Wettiner Steinkohlenbergbau kam so an die Krone Preußens. (1810 wurden die erstgenannten Werke von der damaligen westfälischen Regierung an die Mansfeldschen Gewerkschaften verkauft.) Technisch ist dieser Bergbau deswegen so sehr bedeutungsvoll geworden, weil hier im Burgörner Gebiet für die Wasserhaltung 1785 die erste in Deutschland erbaute Dampfmaschine, eine Wattsche Wasserhaltungsmaschine, in Betrieb genommen wurde.

In Schlesien suchte Friedrich auch den Steinkohlenbergbau zu fördern. Es wurden auch schon Berechnungen über die vorhandenen Kohlen angestellt, woraus die beruhigende Versicherung entnommen wurde, daß die schlesischen Kohlen noch recht lange ausreichen würden.

Besonderes Interesse brachte der König dem Salzwerk Schönebeck entgegen; hat er doch in den siebziger Jahren sogar daran gedacht, Schönebeck mit den Ortschaften Groß-Salze und Frohse zu einer großen Industrie- und Handelsstadt zu entwickeln. Er hoffte, daß er den Magdeburger Handel dahin ziehen könnte, um

Magdeburg in eine unbezwingbare Festung umzuwandeln. Aus allen von *Matschoß* vorgelegten Aktenauszügen geht die persönliche und durch Mißerfolge, ja offenbare Betrügereien unabirrbare Initiative des Königs hervor, der die Bergwerksproduktion seines Landes als gelehriger Schüler *Colberts* selbst dann zu fördern suchte, wenn eine Rentabilität nicht erzielt werden konnte.

R. Lachmann, Breslau.

Jordan, H., Vergleichende Physiologie wirbelloser Tiere. Band *I:* Die Ernährung. Jena, G. Fischer, 1913. XXII, 738 S. und 277 Textfig. Preis M. 24,—, geb. M. 26,50.

Im Laufe zweier Jahre ist dies nach *Pütters* vergleichender Physiologie und dem Beginn des Handbuchs der vergleichenden Physiologie von *Winterstein* das dritte große Lehrbuch über dieses Gebiet — jedenfalls ein Beweis, wie groß die Tätigkeit auf diesem relativ neuen Forschungsfelde ist. Trotz dieser Konkurrenz, speziell der von *Biedermanns* ausgezeichneter Bearbeitung der Ernährung in *Wintersteins* Handbuch, stellt das neue Werk eine wertvolle Bereicherung unserer Literatur dar. Besonders geeignet ist es für den angehenden Forscher, der sich gründlich in die Materie einarbeiten will. Die Auswahl des Stoffes zeigt typisch, mit wie unbequemen Vorbildungsverhältnissen die deutschen vergleichenden Physiologen rechnen müssen, dank der recht überlebten Einrichtung, daß die Physiologie eine Disziplin der medizinischen Fakultät ist. So müssen dem Physiologen die anatomisch-zoologischen, dem Zoologen die physiologisch-chemischen Grundtatsachen infolge ihrer prinzipiell mangelhaften Vorbildung in relativ großer Ausführlichkeit geboten werden. Dadurch steigt der Umfang des Werkes weit über das, was bei der Berechtigung, gleichmäßige Vorbildung in beiden Wissenszweigen vorauszusetzen, notwendig wäre. Wann werden wir so weit sein, daß für Zoologie und Tierphysiologie, die doch wirklich nicht weiter getrennt sind, als Botanik und Pflanzenphysiologie, im selben Institut oder wenigstens in der gleichen Fakultät Lern- und Arbeitsgelegenheit geboten wird, wie das z. B. in den biologischen Instituten anderer Länder, speziell Amerikas, seit langem mit bestem Erfolg durchgeführt ist?

Das Jordansche Buch wird mit einer kurzen Übersicht über die Chemie der Nahrungsstoffe eingeleitet, auf die einige allgemeine Bemerkungen über Morphologie und Funktion der einzelnen Darmabschnitte, sowie über die Schicksale der Nahrung bis zur Resorption und Ablagerung der Reservestoffe folgen. (Der eigentliche Chemismus der „Assimilation", d. h. der Aufbau der Körpersubstanz aus den Bruchstücken der Nahrung, wird in dem Bande nicht behandelt.

Den Hauptteil des Buches nimmt dann eine nach dem zoologischen System geordnete Übersicht über die Ernährungsvorgänge der einzelnen Tiergruppen ein. Jeweils wird abgehandelt: Art der Nahrung, Nahrungsfang und Aufnahme, Verdauung, Resorption (vom Verfasser stets Absorption genannt), Reservestoffe und Verteilung der Resorpta, Abfallstoffe; dazu kommen je nach Bedarf noch spezielle Rubriken bei den einzelnen Gruppen. Mit großer Gewissenhaftigkeit hat der Verfasser in siebenjähriger Arbeit den Stoff zusammengetragen und verarbeitet. Er behandelt die Tatsachen sehr objektiv, gelegentlich rein referierend, und hält mit seiner Kritik stark zurück. Bei einem so unvollständig bearbeiteten und an Kontroversen so reichen Gebiet ist diese Methode m. E. verdienstlicher als eine blendende, aber einseitige Herausarbeitung von Hypothesen. Reichliche Literaturnachweise in Fußnoten erleichtern dem Leser, sich jeweils selbst über Tatsachen und Probleme zu orientieren.

In einem relativ kurzen Schlußkapitel: „Zusammenfassung und Vergleichung", wird dann eine Anzahl besonders wichtiger Punkte hervorgehoben: 1. Die Verteilung der Haupttypen der Nahrungsaufnahme: Strudler, Schlinger und Sauger. 2. Die Rolle des Vorderdarmes, speziell des Kaumagens, bei der Verarbeitung der Nahrung, wobei die mechanische Reibwirkung neben der Filterwirkung wieder mehr zu Ehren kommt, als es unter dem Einfluß der Plateauschen Resultate in letzter Zeit üblich war. Gerade auf diesem Gebiete ist der Verfasser durch zahlreiche eigene Arbeiten besonders kompetent. 3. Die Fermente: eine tryptische Protease wird als das phylogenetisch älteste aller Fermente angesprochen. 4. Die Sekretion des verdauenden Saftes. Dabei wird eine phylogenetische Entwicklung von rein endozellulärer Sekretion über Verdauung in Syncytien und Vorverdauung im Darmlumen zu rein extrazellulärer Verdauung konstatiert, die aber nicht für alle Fermentarten parallel zu verlaufen braucht (endozelluläre Eiweißverdauung der Pulmonaten). Die Frage der Bildung von Profermenten und Aktivatoren bleibt unerörtert. 5. Darmfunktion und Darmform: Es wird dabei die Rolle der Darmverzweigungen besprochen, die teils zur Verbreitung der Nährlösung im Körper dienen (Coelenteraten), teils als Oberflächenvergrößerung wirken (hierher z. B. die „Mitteldarmdrüsen" der Arthropoden und Mollusken mit Ausschluß der Cephalopoden). 6. Endlich wird die Verbreitung der Resorpta auf dem Blutwege und die Natur und Verteilung der Reservestoffe erörtert. Hierbei ergibt sich Gelegenheit, die Frage nach einem Homologon resp. Analogon der Leber bei Wirbellosen zu erörtern. Verfasser findet nichts Derartiges, da er die spezifische Leistung der Leber in der Funktion einer „Blutdrüse mit innerer Sekretion" sowie in einem regulatorischen Einfluß auf die Zusammensetzung des Blutes (Traubenzucker) erblickt. Man wird dem Verfasser darin Recht geben können, obwohl es durchaus möglich ist, daß auch bei Wirbellosen derartige Regulationsmechanismen existieren; einstweilen fehlen experimentelle Untersuchungen darüber noch fast vollständig.

O. Steche, Leipzig.

Bartel, F., Torfkraft. Untersuchungen über den Wert des Torfes als Energiequelle und Vorschläge für seine Nutzung für Großkraftwerke. Berlin, Julius Springer, 1913. VIII, 164 S. Preis brosch. M. 6,—, geb. M. 6,80.

Seit längerer Zeit ist, veranlaßt durch die steigenden Kohlenpreise, mehr und mehr die Aufmerksamkeit auf die in unseren Torfmooren schlummernde Energie gelenkt worden, um hier einen Ersatz für die Steinkohle zu gewinnen.

Eine Steinkohle guter Qualität mit einer Verbrennungswärme von ca. 7000 Cal wird an den Plätzen mit Wasserzufuhr, also z. B. in Berlin, Hamburg, Königsberg usw. mit ca. 16 Mark per Tonne angesetzt werden können, während guter lufttrockener Torf mit einer Verbrennungswärme von ca. 3500 Cal einen Gestehungspreis von 5—6 Mark auf dem Torfmoore haben dürfte. Unter diesen Umständen würde ein Ersatz der Steinkohle durch Torf für die industriellen Feuerungen in ziemlich großem Umfange möglich erscheinen, sobald — und das ist heute noch nicht der Fall — die Torfindustrie den Torf in genügender Menge zur Verfügung stellen kann. Die Torfgewinnung ist heute mehr oder weniger Kleinbetrieb und ist beschränkt auf die Zeit von Mai bis August, der gewonnene Torf muß bis Mitte September genügend trocken sein, um transportfähig zu sein und dem Frost widerstehen zu können.

Bei normalen Witterungsverhältnissen wird der lufttrockene Torf 35—40 %, in nassen Sommern wohl 40

bis 50 % Feuchtigkeit haben, während in trockenen Jahren das Material bis auf 20—25 % Feuchtigkeitsgehalt getrocknet werden kann.

Die Lage der Torfmoore bedingt im allgemeinen eine teure Abfuhr, die Transportkosten bis zur Verwendungsstelle verteuern relativ, wenn Wasserfracht ausgeschlossen, das Material zu sehr.

Ein weiterer, seiner Verwendung hinderlicher Umstand ist in dem großen Volumen des Torfes begründet. Ein Volumen Stücktorf ist nur halb so schwer wie das gleiche Volumen Steinkohle; da die Gewichtseinheit Steinkohle die doppelte Wärmeenergie der des Torfes enthält, so kann man in einem bestimmten Magazin an Steinkohlen die vierfache Wärmeenergie aufstapeln, als es in Torf der Fall ist.

Aus allen diesen angedeuteten Gründen mußte die Industrie von der Verwendung des Torfes im allgemeinen absehen. Die Torfindustrie blieb auch ferner in ihrer Entwicklung weit zurück.

In den letzten Jahren hat sich die Situation etwas zugunsten des Torfes verschoben, indem die Versorgung ganzer Länderstriche mit elektrischer Energie, die fortschreitende Elektrisierung der Landwirtschaft und der Eisenbahnbetriebe eine steigende Nachfrage nach billigen Energiequellen zeitigte.

Die Zentralen, bestimmt, dieser Nachfrage zu genügen, werden natürlich, wo angängig, dorthin verlegt, wo das Brennmaterial billig zur Verfügung steht, in erster Linie in die Nähe der Kohlenfelder und Torfmoore. Der Verfasser schlägt nun für die Versorgung eines großen Teiles von Norddeutschland mit elektrischer Energie die Anlage von vier großen Kraftwerken von je 50 000 Kilowatt Leistung vor: je eins unter Benutzung von Braunkohle als Brennmaterial im Lausitzer und Frankfurter Bezirk und je eins für Torf in den Regierungsbezirken Osnabrück und Gumbinnen. Der Verfasser will in seiner Arbeit zeigen, daß unter Umständen für Großkraftwerke die Nutzung des Torfes in seiner Wirtschaftlichkeit der Steinkohle überlegen ist, wenn das Kraftwerk in nächster Nähe des Torfmoores errichtet wird. Weiter will er nachweisen, daß es möglich ist, für den Großbetrieb billigen Torf in genügender Menge herzustellen. Für eine billige Herstellung des Torfes ist die Handarbeit auf ein Minimum zu beschränken, es kommen daher die älteren Torfgewinnungsmethoden nicht in Betracht, sondern nur die neuesten Maschinen und Apparate, mit denen die Torfmasse durch Bagger gehoben, in der Maschine energisch durchgeknetet und zu Soden gepreßt wird, welch letztere automatisch zum Trocknen abgelegt werden.

Neuere Vorschläge, die Torfmasse unter Wasser zu baggern, den Schlamm in eine Zentralanlage zu pumpen oder zu spülen und dort direkt durch Pressen Torf mit 35 % Feuchtigkeit zu gewinnen, d. h. kontinuierlich direkt verwendbaren Torf zu erzeugen, sind, wie der Verfasser bemerkt, nicht durchführbar. Bis heute ist das Problem noch nicht gelöst, den Torfschlamm durch Abpressen allein zu entwässern. Dagegen wäre nach Ansicht des Ref. der erste Teil des erwähnten Vorschlages sehr wohl durchführbar in Verbindung mit einem neueren Verfahren, mit dem von *Ekenberg*.

Alle Verfahren, die Lufttrocknung durch künstliche Trocknung zu ersetzen, müssen nach dem Verfasser fehlschlagen. Referent glaubt im Gegensatz hierzu auf Grund einwandfreier Versuche in größerem Maßstabe behaupten zu dürfen, daß eine künstliche Nachtrocknung von z. B. 60 % Feuchtigkeit bis auf 25 % oder von 50 % bis auf 10 % hinunter unter bestimmten Verhältnissen wohl in Frage kommen kann, wenn nämlich die Trocknung durch Abgase von Explosionsmotoren, die mit Kraftgas aus Torf arbeiten, geschieht.

Von den sonstigen Verfahren zur industriellen Gewinnung von Torf erwähnt der Verfasser den Dampfkessel von *Gehrke*, der die Erwartungen enttäuschte, und das Verfahren von *Ekenberg*.

Dieses letztere beruht auf der von *Ekenberg* gefundenen Tatsache, daß der Torfschlamm seinen normalen Wassergehalt, welcher ungefähr das Siebenfache der Trockensubstanz beträgt, so festhält, daß das Wasser durch Pressen nur in geringer Menge entfernt werden kann, dieses Wasser aber leicht abgibt, wenn der Torfschlamm in geschlossenen Gefäßen vorher auf 180 bis 200° Celsius erwärmt wurde. Es werden so Briketts erhalten, welche einen Wassergehalt von 50 % enthalten, unter Umständen also direkt verwendet werden können. Abweichend vom Verfasser hält Referent dieses Verfahren für bestimmte Fälle für eines der aussichtsreichsten aller bisher bekannt gewordenen, wenn der Torf in Generatoren zur Erzeugung von Kraftgas in Explosionsmotoren verwendet wird unter Gewinnung der wertvollen Nebenprodukte. Durch die Wärme der Auspuffgase der Motoren könnte der die Pressen mit 50 % Feuchtigkeit verlassende Torf bis auf 10 % kostenlos heruntergetrocknet werden. Das Ekenbergverfahren hätte dann den enormen Vorteil, daß die Torfgewinnung auf das ganze Jahr ausgedehnt werden könnte, der Saisonbetrieb also in einen regulären Fabrikbetrieb übergehen würde. Das hätte eine Verbilligung des Torfes zur Folge, und die Schwierigkeit der Beschaffung der Arbeitskräfte wäre stark reduziert. Die von *Ekenberg* angegebene Apparatur dürfte allerdings kaum den Anforderungen entsprechen, jeder Fachmann, der sich eingehend mit der Materie beschäftigte, wird die vorgeschlagene Apparatur von der Hand weisen.

Das große Verdienst *Ekenbergs*, die endgültige Lösung der Torffrage sehr wesentlich gefördert zu haben, muß voll anerkannt werden.

Die Verwendung des Torfes als Kraftquelle geschieht entweder in Form von Generator- oder Kraftgas in Explosionsmotoren, oder der Torf dient zur Dampferzeugung für Dampfturbinen und wird auf Treppenrosten zur Dampferzeugung verbrannt.

Das Kraftgas für die Gasmotoren muß möglichst frei von Teer sein, um Betriebsstörungen zu vermeiden. Die Mehrzahl der aufgeführten Konstruktionen sucht die aus dem Torf entstehenden Teerdämpfe zu zersetzen, indem sie durch die Feuerzone des Generators geführt werden. Eine englische Firma verfolgt einen anderen Weg, der als wirtschaftlich richtig anerkannt werden muß. Die Destillationsgase, welche den Teer enthalten, werden durch Zentrifugalabscheider von demselben befreit und dieser als Nebenprodukt gewonnen. Es werden so 5 % des Torfgewichtes an Teer erhalten, das entspricht für die englischen Verhältnisse einem Wert von 1,75 Mark pro Tonne Torf. Der den Gasen entzogene Teer enthält eine Wärmeenergie gleich 12—15 % derselben, es ist also entsprechend mehr Torf zu vergasen. Es verbleibt aber immerhin noch ein Gewinn von ca. 1 Mark pro Tonne Torf zugunsten der Teergewinnung.

Neben dem Teer kommt auch die Gewinnung der anderen Nebenprodukte in Frage. In erster Linie steht das Ammoniak.

Es ist das Verdienst von *Ludwig Mond*, die Ammoniakgewinnung aus den Generatorgasen aus Steinkohle zuerst durchgeführt zu haben, Professor *Frank* und Dr. *Caro* haben das Mondsche Verfahren für Torf angewandt und weiter ausgebildet.

Wenn das Mondsche Verfahren für Steinkohle nicht den durchschlagenden Erfolg hatte, welchen sich der Erfinder davon versprach, so liegt das nach Ansicht des Referenten an den großen Dampfmengen, welche mit der

Luft in den Generator einzuführen sind, um die Temperatur im oberen Teil des Generators so tief zu halten, daß die Zersetzungstemperatur des Ammoniaks nicht erreicht wird. Durch den großen Dampfzusatz wird der Nutzeffekt des Generators ungünstig beeinflußt.

Für Torf liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger, trotzdem scheinen die Resultate der Anlage nach *Frank-Caro* im Schweeger Moor noch nicht ganz zu befriedigen.

Es wäre den Bestrebungen, die Nebenprodukte aus dem Torfe zu gewinnen, ein voller Erfolg zu wünschen, die Wirtschaftlichkeit der Torfindustrie würde eine sehr viel höhere sein.

Die Frage, ob für große Kraftzentralen Gasmotoren oder Dampfturbinen in Frage kommen, dürfte vorläufig zugunsten der letzteren entschieden sein. Der Verfasser gibt eine Gegenüberstellung beider Systeme mit den entsprechenden Kosten und Betriebszahlen, die bei den gemachten Voraussetzungen zwingend beweiskräftig sind. Eine Verschiebung zu ungunsten der Turbine ist allein von der Gasturbine zu erwarten.

Der Verfasser hat ein Projekt für eine große Kraftanlage mit Dampfturbinen für 50 000 Kilowatt vergleichsweise für Torf und Steinkohle als Brennmaterial durchgearbeitet, er kommt zu dem Resultat, daß Torf sehr wohl mit der Steinkohle konkurrieren kann.

Die Schwierigkeit der Torfbeschaffung veranlaßt ihn, diesen zweiten Teil des Projektes sehr eingehend zu behandeln. Verfasser rechnet für die Anlage von 50 000 Kilowatt mit einer jährlichen Stromabgabe von 100 Millionen Kilowattstunden, also mit einer mittleren Leistung von ca. 12 000 Kilowatt. Die nötige Menge an Trockentorf von 300 000 Tonnen wird aus 1,5 Millionen m³ Rohtorf erzeugt. Bei einer mittleren Mächtigkeit des Moores von 4 Meter wird jährlich eine Moorfläche von 37,5 Hektar abgetorft. Zur Bewältigung dieser Massen sollen 6 Einheiten, bestehend aus je einem Bagger, einer Presse und Ablegevorrichtung, genügen bei 20 stündiger Arbeitszeit in 85 Tagen. Jede Einheit muß im Durchschnitt 150 m³ Moor verarbeiten, mit Rücksicht auf unvermeidliche Betriebsstörungen ist die Leistung mit 200 m³ angenommen.

Die heute in Betrieb befindlichen Torfbagger verarbeiten im Maximum 80 m³ Moor pro Stunde. Es wird nun durch die Praxis zu zeigen sein, daß die neu zu konstruierenden Pressen und Ablegevorrichtungen die gewünschten Leistungen erreichen.

Mit den vorgeschlagenen Apparaten will der Verfasser einen Gestehungspreis des Torfes franko Halde des Werkes von 2,50—2,68 Mark erreichen. Dieser sehr niedrige Preis, der Kosten für Moor und der Hauptentwässerung nicht enthält, dürfte wohl noch eine Erhöhung erfahren, z. B. erscheint die Amortisation der Maschinen für Torfgewinnung mit 5 % wohl zu niedrig. Für das Beladen der Transportbänder sind für 300 000 Tonnen 6600 Mark, also per Tonne mit 2,2 Pfennig eingesetzt, diese Zahl dürfte viel höher sein. Immerhin erscheint es wahrscheinlich, daß der Torf mit 4 Mark per Tonne franko Kesselhaus geliefert werden kann, welchen Preis der Verfasser seiner Kostenrechnung zugrunde legte.

Der Verfasser hat sich ein besonderes Verdienst erworben durch die vorliegende sorgfältige Arbeit. Jeder, der sich mit der Torffrage beschäftigt, wird die vorliegende Arbeit mit großem Interesse durchgehen und eine Fülle von Anregungen erhalten. Das Buch kann jedem Fachmann aufs wärmste zum eingehenden Studium empfohlen werden. Ein Quellennachweis am Schlusse des Buches erleichtert dem Leser, auf die jeweiligen Originalabhandlungen zurückzugreifen.

Asmus Jabs, Zürich.

Kleine Mitteilungen.

Das Pankreas spielt, abgesehen von seiner Funktion als Verdauungsdrüse, als Drüse mit innerer Sekretion eine außerordentlich wichtige Rolle im Getriebe des tierischen Körpers. Tiere, welchen diese Drüse vollständig entfernt wird, gehen unter schweren diabetischen Erscheinungen zugrunde: der Glykogenvorrat der Leber verschwindet, die Leber verliert die Fähigkeit aus Dextrose Glykogen zu bilden, der Zuckergehalt des Blutes ist stark vermehrt (Hyperglykämie), und im Anschluß daran kommt es zu einer reichlichen Zuckerausscheidung im Harn (Glykosurie). Ist aber ein kleiner Rest der Drüse zurückgeblieben, so bleibt der Stoffwechsel des Tieres vollständig normal. Da die inneren Sekrete (Hormone) bekanntlich in die Blutbahn entleert werden, so wäre demnach zu erwarten, daß **Transfusion des Blutes** eines gesunden Tieres in die Blutbahn eines derartig operierten ein Schwinden der Krankheitssymptome zur Folge haben müßte. Wie aber kürzlich *Hédon*, der bekannte Forscher auf dem Gebiete der Physiologie des Pankreas, gezeigt hat, ist dies nicht der Fall. (Sur la Sécretion interne du pancréas et la pathologie pancréatique. Effets de la transfusion sur le diabète, *Archives internationales de physiologie, vol. 13*, Heft I, 1913.) Die Transfusion des Blutes geschah in der Weise, daß die Halsarterien eines normalen Hundes und eines Hundes, dem das Pankreas exstirpiert worden war, wechselweise miteinander verbunden wurden, so daß das Blut des normalen Hundes sich teilweise in das Gefäßsystem des operierten und umgekehrt ergoß. Er konnte nun feststellen, daß wohl die Glykosurie dadurch vermindert oder ganz zum Verschwinden gebracht werden kann, was jedoch, wie es weitere Versuche zeigten, nicht auf eine Wirkung des Pankreassekretes zurückgeführt werden darf, sondern wahrscheinlich eine toxische Wirkung des fremden Blutes auf die Nieren vorstellt; das wesentliche Symptom des Pankreasdiabetes, der Glykogenschwund in der Leber und die sich daran anschließende Hyperglykämie bleiben nämlich bestehen. Selbst wenn die Exstirpation des Pankreas erst während der Transfusion des fremden Blutes geschieht, wird dadurch ein Entstehen der diabetischen Symptome nicht verhindert. *Das spezifische Hormon des Pankreas ist demnach im Blute eines normalen Tiers nicht enthalten.* Nun mündet aber die abführende Vene des Pankreas in die Pfortader ein, die sich ja bekanntlich nicht wie die übrigen Venen des Körpers direkt zum Herzen begibt, sondern sich vorerst in der Leber nochmals in ein Kapillarsystem auflöst. *Hédon* schließt daher, daß das spezifische innere Sekret der Bauchspeicheldrüse, welches dieselbe auf dem Wege der Pfortader verläßt, in der Leber nahezu vollständig zurückgehalten wird und demzufolge im übrigen Körperblute sich nicht vorfinden kann. *J. M.*

Über die **Leitung von subnormalen Erregungen im normalen Nerven** hat *Adrian* eine interessante Untersuchung veröffentlicht (On the conduction of subnormal Disturbances in normal Nerve. *Journal of Physiology, vol. 45*, Nr. 5, 1912). Er untersuchte Nerven, die durch ein Narkotikum in einer bestimmten Strecke ihres Verlaufes eine Schädigung erfahren hatten. Er konnte nun in einer Reihe sehr sinnreich angestellter Versuche den Nachweis erbringen, daß eine Erregung, welche, an einer normalen Stelle des Nerven erzeugt, beim Passieren der narkotisierten Stelle eine bedeutende Abschwächung erfährt, daß sie aber sofort ihre ursprüngliche Stärke wiedererlangt, sobald sie die narkotisierte Stelle verläßt und auf normale Nervenfasern übertritt. Die Leitung der Erregung in der normalen Nervenfaser ist demnach keiner

Abstufung fähig, die normale Nervenfaser kann nur Erregungen von einerlei Stärke leiten; ein Reiz, der eine Nervenfaser trifft, erregt entweder dieselbe oder er erregt sie nicht, wenn er sie aber erregt, so ist die Stärke dieser Erregung immer gleich, mag nun der Reiz ein starker oder ein schwacher gewesen sein (Alles-oder-Nichts-Gesetz). Die Verschiedenheit der Reizerfolge von starken und schwachen Reizen beruht nur auf der Verschiedenheit in der Anzahl der gereizten Nervenfasern. *J. M.*

Viele **Kalkflechten** leben nicht auf der Oberfläche des Gesteins, sondern dringen ganz in dessen Inneres ein, so daß ihr Thallus völlig oder größtenteils im Kalk verborgen ist und selbst die Fruchtbecher (Apothecien) im Innern des Steins entstehen, um erst später nach außen durchzubrechen. Bekanntlich sind die Flechten keine einheitlichen Organismen, sondern bilden ein Konsortium von Pilzhyphen und Algen (Gonidien), die in einem seinem Wesen nach noch immer nicht ganz klargestellten symbiotischen Verhältnis zueinander stehen. Beim Eindringen von Flechten in Kalkstein müssen die Zellen einen Stoff ausscheiden, der den Kalk auflöst. Nach den bisherigen Untersuchungen, die zumeist an Flechten mit grünen Algen, z. B. Palmellen, angestellt worden sind, wird das kalklösende Stoffwechselprodukt von den Pilzhyphen ausgeschieden, da die Gonidien allseitig von diesen bedeckt sind; ob es auch von den Hyphen bereitet wird, bleibt dabei allerdings zweifelhaft. *E. Bachmann*, der schon vor zwanzig Jahren gründliche Untersuchungen über die Kalkflechten veröffentlicht hat, macht jetzt Beobachtungen an einer mit goldgelben Chroolepus-Gonidien ausgerüsteten Kalkflechte bekannt, die zeigen, daß die Alge selbständig in das Gestein eindringen kann. Die von ihm hergestellten Dünnschliffe ließen erkennen, daß an einigen Stellen die Hyphen dem lebhaften Wachstum der Algenfäden nicht folgen konnten und diese an den Spitzen freiließen. Daraus geht hervor, daß die Chroolepusfäden die Fähigkeit besitzen, Kalk selbständig aufzulösen; sie müssen also die kalklösende Säure selbst erzeugen und abscheiden. So fressen sie enge, schachtförmige Höhlungen in den Kalkstein hinein. Sobald sie von den Hyphen erfaßt worden sind, beginnen sie lebhafter zu wachsen, zum Teil hefeartig zu sprossen und nehmen dabei oft sehr bizarre Form an. Dadurch und durch das Wachstum der Hyphen wird der Kalk schwammartig durchlöchert und erlangt infolgedessen die Fähigkeit, die atmosphärische Feuchtigkeit reichlicher aufzunehmen und länger festzuhalten. *(Ber. D. Bot. Ges.* 1913, *31*, 3.) *F. M.*

Kallose in Algenmembranen. Unter den Meeresalgen haben die Caulerpaceen in besonderem Maße die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, da sie bei ansehnlicher Größe nur einzellig sind und dabei die Formen höherer Pflanzen mit Wurzeln, Stengeln und Blättern nachahmen. Man hat bei der Untersuchung ihrer Zellwände gefunden, daß diese nicht die Eigenschaften eigentlicher Zellulosemembranen haben; dennoch wird in den Beschreibungen vielfach nicht hierauf Rücksicht genommen, und namentlich wird allenthalben von den „Zellulosebalken" gesprochen, welche die Zellen dieser Algen durchsetzen. Eine neuerdings von *Robert Mirande* vorgenommene Prüfung verschiedener Caulerpa-Arten hat zu dem Ergebnis geführt, daß ihre Membranen teils aus Pektinstoffen, teils aus Kallose bestehen. Die Kallose ist von der Zellulose u. a. dadurch unterschieden, daß sie in verdünnten Alkalien löslich, in Kupferoxydammoniak unlöslich ist und sich mit Chlorzinkjodlösung nicht blau, sondern rotbraun färbt. Außerdem ist sie an einer Reihe charakteristischer Farbreaktionen erkennbar. Bei Phanerogamen kommt sie vor in den Wandverdickungen (dem Kallus) der siebartig durchlöcherten Querwände der Siebröhren, in den Membranen der Pollenmutterzellen und in kalkhaltigen Membranen, wie namentlich in den als Cystolithen bekannten traubenartigen Zellwandgebilden, die vorzüglich aus den Blattzellen des Gummibaums bekannt sind. Ihr Vorkommen ist ferner bei Pilzen (Membranen von Peronospora, Sporangien von Mucor) und bei einigen Algen (Oedogonium, Ascophyllum, Laminaria) nachgewiesen worden. In allen diesen Fällen aber finden wir sie entweder zusammen mit Zellulose oder für sich allein. Für die Caulerpen ist dagegen die Vereinigung der Kallose mit Pektinstoffen charakteristisch. Weitere Untersuchungen zeigten, daß dieser besondere Membrantypus auch anderen Meeresalgen aus der Klasse der Siphoneen, nämlich außer den Caulerpaceen auch den Bryopsidaceen, Derbesiaceen und Codiaceen eigentümlich ist. Die im Süßwasser lebenden Vaucheriaceen haben dagegen Zellulosemembranen. *(Compt. rend.* 1913, *156*, 475.) *F. M.*

Lachskonservierung in Nordamerika. Eines der wichtigsten Fischprodukte in Amerika ist der Lachs, und es hat sich dort zur Verarbeitung dieses Fisches zu Konserven eine große Industrie entwickelt. Als die beste Qualität gelten die Fische, die das röteste Fleisch und den größten Ölgehalt aufweisen. Rund 225 Millionen Pfund von diesen Fischen wurden im vergangenen Jahre konserviert; hierzu werden von dieser Industrie sehr große Mengen Chemikalien, namentlich Salzsäure und Ätznatron, ferner Zinnblech, Lötmetall und Lack verbraucht. Bei der Konservierung werden die Fische mit Hilfe von Maschinen von Kopf, Schwanz, Flossen und Eingeweiden befreit, in Stücke geschnitten, gesalzen und in Büchsen verpackt. Wie die *„Chemiker-Zeitung"* berichtet, werden die Büchsen maschinell verlötet, sodann gekühlt und durch Eintauchen in heißes Wasser auf luftdichten Verschluß geprüft. Hierauf werden sie ein bis zwei Stunden in Dampfretorten gebracht, dann wird, während sie noch heiß sind, der Deckel durchlocht, damit noch etwa vorhandene Luft und etwas Flüssigkeit entweichen können. Hierauf werden die Büchsen wieder gedichtet und eine Stunde lang bei 115° sterilisiert. Die Büchsen werden mit Ätznatron gewaschen, nochmals auf ihre Dichtigkeit geprüft und schließlich lackiert und mit Etiketten beklebt, worauf sie zum Versand fertig sind. *S.*

Eine Wasserstoffernleitung. Der Luftschiffhafen in Frankfurt a. M. unterscheidet sich hinsichtlich der Gasversorgung wesentlich von allen anderen Einrichtungen dieser Art. Das zum Füllen der Luftschiffe nötige Wasserstoffgas wird hier nämlich mit Hilfe einer Fernleitung, die wohl die erste ihrer Art in Deutschland ist, von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron aus nach Frankfurt geleitet. Die Leitung hat eine Länge von 4½ km und wurde, um Gasverluste infolge von undichten Rohrverbindungen zu vermeiden, fast in ihrer ganzen Länge autogen geschweißt; nur in größeren Abständen sind die Rohre durch Muffen verbunden. Sie sind so bemessen, daß täglich bequem 1000 cbm Gas durchgeleitet werden können, wobei ein Druck von etwa 1000 mm Wassersäule zur Anwendung gelangt. Die Leitung endet im Luftschiffhafen in einen 6000 cbm fassenden Gasbehälter. Von da gelangt das Gas in unterirdischen Leitungen in die Halle, in deren Zementboden sich 18 Schächte mit Gasentnahmestellen befinden, die durch Schläuche mit den einzelnen Gaszellen des Luftschiffes verbunden werden. Der Wasserstoff entsteht in Griesheim als Nebenprodukt bei der elektrochemischen Herstellung von Ätznatron und Chlor aus Kochsalz, und

zwar in solch großen Mengen, daß auch heute noch trotz des gestiegenen Verbrauches ein großer Teil des Gases ungenutzt in die Luft entweicht. Die drei Werke der genannten Fabrik in Griesheim, Bitterfeld und Rheinfelden erzeugen täglich 18 000—20 000 cbm Wasserstoff, eine Menge, die ausreichen würde, um *täglich* ein Zeppelin-Luftschiff frisch zu füllen. *S.*

Über die *zerstörende* Einwirkung von **Kanalgasen auf Zementkonstruktionen** berichten *W. M. Barr* und *R. E. Buchanan* in dem Bulletin Nr. 26 des *Iowa State Engineering*. Die Zementbedachung von Kanalisationskammern zeigt sich öfters zerfressen, wobei freie Schwefelsäure und Kristalle von Calciumsulfat gebildet werden. Die Schwefelsäure ist hierbei wahrscheinlich durch Oxydation des von den organischen Stoffen in der Kammer entwickelten Schwefelwasserstoffs entstanden, der sich in solchen Kammern stets in großer Menge vorfand. Die starke Entwicklung dieses Gases führen *Barr* und *Buchanan* darauf zurück, daß das Spülwasser in den Kammern reich an Sulfaten war und diese durch spirillum desulphuricans und andere anärobe Bakterien in Sulfide umgewandelt wurden, so daß die Bildung des den Zement zerstörenden Schwefelwasserstoffs ermöglicht wurde. *(Engineering 95,* 90, 1913.) *Mk.*

Gefahren der drahtlosen Telegraphie. *A. H. Taylor* teilt in *Electrical World* (New York) vom 15. Februar mit, daß in einer Licht- und Kraftanlage durch das Auftreffen elektrischer Wellen Resonanzerscheinungen auftraten, die im Schmelzen mehrerer Sicherungen, Durchbrennen mehrerer Wolframlampen und dem Anlassen zweier Motoren sich zeigten. Eine Veränderung der Wellenlänge oder eine Verstimmung der Schwingungszahl des Licht- und Kraftnetzes vermied die Störung. Die Wellenlänge war 245 m. *Taylor* kommt zu folgenden Ratschlägen: 1. Leiter in der Nähe von drahtlosen Stationen müssen auf gefährliche Überspannungen untersucht werden. 2. Isolierte Drähte über der Erde können auf kurze Empfänger in ihrer Nähe günstig wirken. 3. In einem Gebäude mit geerdeten Anlagen (Gas, Wasser, Dampfheizung) stelle man den Empfänger möglichst in den oberen Stockwerken auf. *F. L.*

Von der im September 1912 in New York abgehaltenen Versammlung des Internationalen Verbandes für Materialprüfungen hat *E. G. Coker* eine interessante Anwendung seines in Heft 4 dieser Zeitschrift beschriebenen **optischen Verfahrens zur Bestimmung der inneren Spannungen** in einem Material vorgeführt. Er bildete die für Festigkeitsprüfungen des *Zements* übliche Form in Zelluloid nach und spannte dieses Modell in der bei Zerreißversuchen angewendeten Weise ein. Die hierdurch erzeugten Spannungen veranlassen Doppelbrechung des Materials, die sich mit Hilfe optischer Einrichtungen in einem System farbiger Bänder kundtut. Das Bild des Modells mit diesen Bändern hat *Coker* in farbigen Photographien wiedergegeben und gezeigt, wie man aus diesen die Lage der Spannungen wie auch ihre Größe quantitativ ermitteln kann. *(Engineering 94,* 824, 1912.) *Mk.*

Ein **bisher unbekanntes Gas von dem Atomgewicht 3** hat anscheinend *J. J. Thomson* entdeckt. Die Methode, der er sich hierzu bediente, beruht auf der Anwendung der von *Goldstein* entdeckten Kanalstrahlen. Das nach dieser Methode zu untersuchende Gasgemisch befindet sich in einem Glasgefäß, das eine durchlöcherte Kathode besitzt. Von dieser Kathode führt eine außerordentlich feine Röhre die positiv elektrisch geladenen Teilchen (Kanalstrahlen) nach einem anderen Teil des Glasgefäßes, wo sie zugleich den Wirkungen eines elektrischen und eines magnetischen Feldes ausgesetzt werden. Solange die beiden Felder abgestellt sind, treffen die durch die feine Röhre mit großer Geschwindigkeit stürzenden Teilchen sämtlich auf einen zentralen Fleck der gegenüberliegenden Wand des Apparates. Durch Betätigung der Felder werden die Teilchen aber nach zwei zueinander senkrechten Richtungen abgelenkt, wobei die Ablenkung je nach dem Verhältnis m/e zwischen der Masse m und der elektrischen Ladung der Teilchen e verschieden ist. Alle Teilchen mit gleicher Masse, aber verschiedener Geschwindigkeit, liegen dabei auf einer und derselben parabolischen Bahn, so daß jedes Element des Gasgemisches seine eigene Parabel beim Auftreffen auf die Wand des Apparates erzeugt, die durch einen entsprechend präparierten Schirm gebildet wird. Die Anzahl der auf diesem Schirm durch photographische Wirkung entstehenden Parabeln entspricht der Anzahl der verschiedenen in dem Gasgemisch vorhandenen Partikelarten. Aus der Form der Parabel läßt sich das Atomgewicht der Substanz ermitteln, und die zur Anwendung dieser Methode erforderliche Menge ist so gering, daß man mit 0,01 mg Substanz noch 1 Prozent Genauigkeit erzielen kann. Auch ist Reinheit der Substanz nicht erforderlich, da die Partikelchen nach dieser Methode ausgesiebt werden. Dieses Verfahren hat *Thomson* auf die seltenen Gase der Atmosphäre angewandt, die er als Rückstände der flüssigen Luft von *J. Dewar* in zwei Teilen von verschiedenem spezifischem Gewichte erhalten hatte. Der schwerere Teil enthielt nur die Gase von bekannten Elementen: Hg, Xe, Kr, A und Ne. Der leichtere Teil dagegen außer Quecksilber, Luft, Argon und Neon oberhalb der Neonkurve eine Linie für das Atomgewicht 22, die möglicherweise einer Verbindung von H_2 und Ne entspricht. Ebenso wurde wiederholt eine Linie für das Atomgewicht 6 festgestellt, die vielleicht auf eine Verbindung HeH_2 gedeutet werden kann. Bei seinen Forschungen nach unbekannten Gasen entdeckte *Thomson* auch ein Gas mit dem Atomgewicht 3, das ein Analogon des Wasserstoffs zum Ozon, also ein H_3 sein kann; im Gegensatz zum Ozon ist es aber durchaus inaktiv. Dieses Gas erhielt *Thomson* durch Bombardieren von Metallen, wie Eisen, Kupfer, Nickeloxyd, mit Kathodenstrahlen. Diese Stoffe gaben das neue Gas nur nach solcher Behandlung ab, während sie andere Gase beim Erhitzen schon entwickelten. Auch die Heliumlinie trat hierbei auf, doch trat sie nie bei einem zweiten Bombardement des Metalles auf, während die Linie 3 nach einem 20-stündigen Bombardement und nach Entfernen des entwickelten Gases von neuem erschien. Auch eine Probe Blei vom Dache der Trinity College Chapel in Cambridge ergab dieses neue Gas, wobei *Thomson* den Eindruck gewann, als ob es nicht in dem Metall aufgespeichert, sondern erst durch die Behandlung erzeugt worden sei, wie Ozon aus Sauerstoff durch stille elektrische Entladungen. Sollte es sich hierbei um ein neues Element handeln, so würde es im periodischen System sich zum Fluor gesellen. Da der vorhandene Vorrat nicht mehr als 1 cbmm beträgt, so konnte ein Spektrum davon bisher nicht aufgenommen werden. — Bei der vor zwei Jahren zum ersten Mal erfolgten Vorführung dieser Methode in der Royal Institution zu London sagte *J. J. Thomson*, daß er nur mit Angst sich an ein chemisches Problem wage; denn die Chemiker seien streitbare Männer, aber seine Waffen seien Geschosse, die in der Sekunde mit tausend Meilen Geschwindigkeit durch den Raum flögen. *(Engineering 95,* 126, 1913.) *Mk.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.